



# **Ny logistiklösning i samband med nedläggning av Vilhelmina sågverk**

*New logistics solutions related to the closure of the Vilhelmina  
Sawmill*

**Jenny Widinghoff**

**Arbetsrapport 417 2014  
Examensarbete 30hp A2E  
Jägmästarprogrammet**

**Handledare:  
Dag Fjeld**



# **Ny logistiklösning i samband med nedläggning av Vilhelmina sågverk**

*New logistics solutions related to the closure of the Vilhelmina  
Sawmill*

**Jenny Widinghoff**

Examensarbete i Skogshushållning vid institutionen för skoglig resurshushållning, 30 hp  
EX0707, A2E

Handledare: Dag Fjeld, SLU, Institutionen för skogliga biomaterial och teknologi

Extern handledare: Helen Häglund, SCA Forest Products AB

Extern handledare: Henrik Sakari, SCA Forest Products AB

Examinator: Ola Lindroos, SLU, Institutionen för skogliga biomaterial och teknologi

## Förord

Detta examensarbete är på 30 högskolepoäng under Institutionen för skoglig resurshushållning vid Sveriges Lantbruksuniversitet i Umeå.

Jag vill börja med att tacka min handledare Dag Fjeld för sitt stora engagemang och sin ovärderliga kunskap inom ämnesområdena logistik, råvaruförsörjning och rapportskrivning.

Jag vill tacka Thomas Hedlund på SCA Skog som alltid har svarat på frågor och försett mig med värdefulla kontakter. Jag vill även tacka Helen Häglund och Henrik Sakari på SCA Skog som tillhandahållit med material till examensarbetet och alltid snabbt svarat på frågor jag haft under arbetets gång.

Min klasskompis Björn Edlund ska ha ett stort tack då han har varit ett bra bollplank under hela examensarbetet.

Jag vill också tacka min sambo Anders Ohls för korrekturläsning och peppning i slutfasen.

Jenny Widinghoff

## Sammanfattning

Den hårda konkurrensen på trävarumarknaden har tillsammans med en tuff valutasituation gjort att svenska sågverk drabbats mycket hårt. SCA har tvingats stänga sina sågverk i Vilhelmina och Holmsund bland annat på grund av valutasituationen. Enligt Jonas Mårtensson (VD på SCA Timber) befinner sig svensk sågverksindustri i den värsta situationen på fyrtio år.

Huvudsyftet med examensarbetet var att jämföra olika logistiklösningar för att på ett kostnadseffektivt sätt transportera frigjorda grantimmervolymer i samband med nedläggningen av Vilhelminas sågverk.

Problemet löstes i tre faser:

- Kalkyler uppdaterades och skapades för de ingående kostnadsparametrar som behövdes för att räkna ut hanterings- och transportkostnad av skogsråvaran från främst Vilhelminatrakten.
- En linjär optimeringsmodell skapades för att destinera råvaran kostnadseffektivt
- Resultaten analyserades och den mest kostnadseffektiva logistiklösningen utsågs

Optimeringsmodellen har valt förhållandevis liknande flöden för de tolv logistiklösningarna eftersom analysen visade att direktkörningsgräns/optimalt medeltransportavstånd för lastbilstransporter och val av transportslag förändras lite mellan logistiklösningarna. Det krävs större förändringar i kostnader för att optimeringsmodellen ska välja andra flödesriktningar, t.ex. högre drivmedelspriser eller högre terminalkostnader. Det billigaste transportsättet var järnväg trots att terminalkostnad inklusive omlastningskostnad tillkommer. Resultatet visar också att det transporteras för lite volymer för att ett terminalsystem med fyra virkesterminaler ska vara ekonomiskt försvarbart. Modellen har istället valt att köra på ett terminalsystem där tre av de fyra möjliga virkesterminalerna används. Sammanfattningsvis bör:

- ett terminalsystem innehållande tre terminaler användas
- Vilhelminas virkesterminal rustas upp och användas istället för virkesterminalen i Vinlidsberg eftersom Vilhelminas virkesterminal ligger bättre till geografiskt
- Gällö försörjas med de granvolymer som tidigare transporterades till Vilhelminas sågverk
- Hänsyn bör alltid tas till den fasta terminalkostnaden för att få en riktig skattning av var direktkörningsgränsen går samt hur det optimala terminalsystemet bör se ut.

Nyckelord: kalkyler, optimering, beslutsstöd, linjärprogrammeringsproblem, terminal

## Summary

The fierce competition in the timber market, together with a tough currency situation led to a hard situation for Swedish sawmills. Because of that SCA had to close their sawmills in Vilhelmina and Holmsund. The main purpose of this study was to analyze transport options for the freed spruce timber volumes, when closing the Vilhelmina sawmill, using truck and railway as cost effective as possible. This was done by comparing different logistics solution in cost-efficiency.

The problem was solved in three phases:

- Calculations were updated and created for the input cost parameters needed to calculate the handling and transportation cost of wood raw material, primarily from Vilhelmina region.
- A linear optimization model was created for destination of raw material as cost efficient as possible
- The results were analyzed and the most cost effective logistics solution was designated

The optimization model has chosen relatively similar flows for the twelve logistics solutions since the analysis showed that the direct driving limit/optimal medium transport distances for trucking and choice of transport mode changes little between logistics solutions. For the optimization model to choose different wood flow directions it requires major changes e.g. higher fuel prices and higher terminal costs. The cheapest mode of transportation was by railway despite the terminal cost including transshipment charges. The result also shows that it circulate too little timber volume in the actual area to be economically justified with a four-timber-terminal system. The model has instead chosen a three-timber-terminal system. In summary:

- use three-timber-terminal system
- renovate and use Vilhelmina timber terminal instead of the timber terminal in Vinlidsberg because of the better geographic site
- Gällö should be supplied with the spruce volumes that previously were transported to Vilhelmina sawmills
- consideration should be given to the fixed terminal cost to get a real estimate of the direct driving limit and how the optimal-timber-terminal system should be designed

Keywords: calculation, optimization, decision support system, linear programming problem, terminal

# Innehåll

Förord .....	2
Sammanfattning .....	3
Summary .....	4
1. Inledning .....	6
1.1 Bakgrund .....	6
1.2 Flödesoptimering, linjärprogrammering och det klassiska transportproblemet .....	6
1.3 Tidigare studier .....	7
1.4 Uppdragsgivare, SCA Skog .....	8
1.5 Syfte .....	9
2. Material och metod .....	10
2.1 Avgränsningar och analysbeskrivning .....	10
2.2 Fas 1, uppdatera och skapa kalkyler .....	12
2.3 Fas 2, omfördelning av volymer .....	13
2.3.1 Volyms-, avstånds- och flödesdata .....	13
2.3.2 Logistiklösningar .....	14
2.3.3 Anpassning av modellen, “det klassiska transportproblemet” .....	14
2.3.4 Flödesoptimeringsmodellen .....	18
2.4 Fas 3, jämförelse mellan olika logistiklösningar .....	18
2.5 Programvara .....	19
3. Resultat .....	20
3.1 Fas 1, uppdaterade ekonomiska förutsättningar .....	20
3.2 Fas 2, omfördelade volymer .....	21
3.2.1 Investeringsalternativ 0, 1 och 2 .....	23
3.3 Fas 3, jämförelse och val av bästa logistiklösning .....	30
4. Diskussion .....	31
4.1 Jämförelse mot tidigare studier .....	31
4.2 Kritisk granskning .....	33
4.3 Slutsatser och vidare forskning .....	33
Referenser .....	35
Bilagor .....	39

# 1. Inledning

## 1.1 Bakgrund

Av alla transporter på lastbil och järnväg utgör transport av skogs- och skogsindustriprodukter ungefär 25 % av de totala landtransporterna (Anon, 2011). Fördelarna med lastbilstransporter är deras relativt höga flexibilitet samt att lastning/lossning är möjlig under pågående transport. Terminalkostnader i samband med terminalanläggningar för lastbil är generellt sett låg i jämförelse med terminalanläggningar för andra transporter. Vägens bärighet och skick kan vara en begränsande faktor vid lastbilstransporter. En annan nackdel är att lastbilen inte är särskilt konkurrenskraftig på längre transportavstånd (Pewe, 1993; Hedlund 2012, pers. komm.). Transportavstånd med lastbil bör inte överstiga 110 km eftersom transportkostnaderna då blir för höga och järnvägstransporter är att föredra på de längre sträckorna (Hedlund 2012, pers. komm.). Transportkapaciteten på tåg är hög i jämförelse med lastbil (Fjeld & Dahlin, 2010). Andra fördelar med järnvägstransporter är att de är konkurrenskraftiga på längre transportsträckor. De avsändare och mottagare som inte har sina lager i direkt anslutning till rälsen riskerar dock höga kostnader eftersom det krävs extra terminalhantering och transporter mellan järnvägen och lager/industri. Därför är en välplanerad kombination av lastbils- och järnvägstransporter att föredra (Pewe, 1993). Landbaserade system kan bestå av järnväg i kombination med lastbil (Lumsden, 2006). Kombinerade transporter av järnväg och lastbil kan bidra till ökad effektivitet då järnvägen är konkurrenskraftig på längre transportsträckor medan lastbilstransporter har högre flexibilitet (Woxenius, 2000). Terminaler fungerar som noder i en logistikkedja där transporter med flera olika transportmedel används. Godset lastas av från ett transportmedel till ett annat på terminalen (Lumsden, 2006). Terminaler har stor betydelse inom skoglig logistik för samordning och omlastning av stora volymer. Terminalkostnaderna utgör en stor del av själva transportkostnaden men bidrar ändå till att den totala transportkostnaden minskar (Sundström, 2000).

## 1.2 Flödesoptimering, linjärprogrammering och det klassiska transportproblemet

I över 40 år har optimeringsmodeller hjälpt skogsbranschen i flertalet länder med planeringsproblem och med tiden har problemen utvecklats och storleken och variationen i beslutsvariabler har ökat. Mer information och fler restriktioner leder till större och mer komplexa planeringsproblem (Rönnqvist, 2003). I början av 2000-talet fick flödesoptimeringar ett ordentligt lyft i Sverige. Det var då NVDB, Nationell Vägdatabas började utvecklas och kom i drift. I tidiga pilotprojekt räknades transportsträckor mellan källa och mottagare ut för hand, ett tidskrävande arbete som inte är möjligt om flödesoptimering skall användas i den operativa driften (Gunnarsson et al., 2001). Behovet av flödesoptimering inom skogsbruket fortsätter att öka (Carlsson & Rönnqvist, 2005). Huvudsyftet med ett beslutstöd för skogliga transporter är att destinera råvaruflödet för maximal vinst eller att minimera den totala transportsträckan och därigenom minimera



transportkostnaden (Carlsson & Rönnqvist, 1998; Weintraub et al., 1996; Gunnarsson et al., 2004). Linjärprogrammeringsproblem är optimeringsproblem där målfunktionen och restriktioner är helt linjära funktioner och syftet är att antingen minimera eller maximera målfunktionen. Simplexmetoden är en vanlig algoritm för att lösa ett linjärprogrammeringsproblem och utvecklades av George Dantzig år 1947. Den fungerar genom att söka efter den bästa lösningen i det tillåtna rummet och flytta från en baslösning till en annan närliggande vilket leder till att värdet på målfunktionen optimeras (Bengtsson 2010). Det klassiska transportproblemet är ett flödesoptimeringsproblem med syfte att minimera kostnader. Målfunktionen och restriktioner är helt linjära funktioner. I denna rapport bygger målformulering och bivillkor på det klassiska transportproblemet:

$$\min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij}$$

Med bivillkoren:

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = S_i \quad i = 1, \dots, m \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = D_j \quad j = 1, \dots, n \quad (2)$$

$$X_{ij} \geq 0 \quad i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \quad (3)$$

Bivillkor (1) representerar tillgång  $S$  från t.ex. viapunkt  $i$ . Bivillkor (2) representerar efterfrågan  $D$  för mottagare  $j$ . Bivillkor (3) representerar transporterad volym och att volymen ej kan anta ett negativt värde för alla viapunkter  $i$  och mottagare  $j$  (Carlsson & Rönnqvist, 1998; Lundgren et al., 2003).

### 1.3 Tidigare studier

1989 skapade Björheden & Eriksson en modell med avseende att minimera transportkostnaden av biobränsle till industri. Det är en flerperiodsmodell som löses med linjärprogrammering. Samma modell användes till ytterligare en studie av Björheden & Eriksson (1990) där man byggde ut modellen och tog hänsyn till bränslekvalitet. Örtendahl (2001) utvecklade en optimeringsmodell där syftet var att skapa ett beslutsstödjande system för operativ flödesplanering av massaved. De matematiska beräkningarna löstes med linjärprogrammering och målfunktionen var att maximera vinsten. Örtendahl kom bland annat fram till att längre och färre optimeringsperioder gav en ökad potential att maximera vinsten. Örtendahls matematiska modell tog inte hänsyn till den rörliga eller fasta terminalkostnaden vid flödesanalysen. Bergdahl (2002) genomförde en studie där syftet var att undersöka olika faktorer betydelse för kostnadsbesparingar vid

timmertransporter genom att optimera flödet. En optimeringsmodell skapades i Excel. Ingen hänsyn togs till den rörliga- eller den fasta terminalkostnaden. Studien visar på en teoretisk besparingspotential av transportkostnaden på 5,3 % och att den potentialen varierar med säsong. Bergdahl, Örtendahl och Fjeld (2003) undersökte potentialen för rundvirkesflöden i norra Sverige 2003 genom en optimeringsmodell som löste linjära målfunktioner och bivillkor. Även denna studie visade på potentialen med optimeringsmodeller men de betonade också hur svårt det är att ta hänsyn till exempelvis säsongvariation. De anser att sådana faktorer som vår- och höstförfall inte går att ta hänsyn till i en matematisk modell och därför överskattas potentialen vid längre och färre tidshorisonter ytterligare. Deras matematiska modell tog inte hänsyn till den fasta eller rörliga terminalkostnaden i flödesanalysen. Skogforsk har utvecklat en rad olika optimeringsmodeller, FlowOpt, FuelOpt, RuttOpt för att nämna några av modellerna. FlowOpt är ett flödesoptimeringsprogram som fungerar som beslutstöd och hjälper användare att fatta beslut som leder till effektiva transportlösningar. Beslutsstödet täcker in valfri tidshorisont, antal källor och antal mottagare. Användningsområden för FlowOpt är destinerings av råvara, möjlighet att beräkna returflöden, effektivisering av intermodala transporter och även byten av volymer mellan olika befraktare (Forsberg et al., 2005). FlowOpt är ett verktyg som används för att optimera flödesplanering av rundvirke på strategisk och taktisk nivå. Målfunktionerna i FlowOpt har för avsikt att både minimera transportkostnaden men även att maximera vinsten. CPLEX används som lösare med linjärprogrammering som lösningsmetod (Forsberg et al., 2005). FuelOpt bygger på samma princip som FlowOpt med skillnaden att flödesplaneringen av biobränsle optimeras på strategisk och taktisk nivå. CPLEX används som lösare och målfunktioner löses linjärt (Flisberg et al., 2012). Gemensamt för både FlowOpt och FuelOpt är att användaren har väldigt stora valmöjligheter vad gäller graden av komplexitet vid genomförandet av en optimering. Varje optimering anpassas efter den aktuella användarens mål och behov (Frisk, 2013. pers. komm.). RuttOpt är ett beslutstödande verktyg som är tänkt att användas i den operativa driften på ett skogsföretag. Verket hjälper t.ex. en transportledare att planera de dagliga transporter för effektivare användning av fordonsflottan. RuttOpt bygger på samma princip som ovan nämnda men en stor skillnad är att tidshorisonten på en optimeringsperiod är från 1-7 dagar (Andersson et al., 2007). Gemensamt för de beslutstödande systemen från Skogforsk är att ingen av de matematiska modellerna tar hänsyn till varken den rörliga eller den fasta terminalkostnaden i flödesanalyserna.

#### ***1.4 Uppdragsgivare, SCA Skog***

SCA producerar och utvecklar tryckpapper, mjukpapper, hygienprodukter och sågade trävaror som de säljer till mer än hundra länder runt om i världen. Ungefär 75 % av försäljningen går till Europa och då främst Tyskland ([www.nordnet.se](http://www.nordnet.se)). Med ett innehav på 2,6 miljoner hektar skogsmark är SCA Europas största privata skogsägare. 2 miljoner hektar av dessa används för virkesproduktion för att försörja deras industrier med råvara. Arealen är fördelad på fem skogsförvaltningar i Norra Sverige, Norrbottens-, Västerbottens-, Ångermanlands-, Medelpads- och Jämtlandsskogsförvaltning.

2011 avverkade SCA omkring 4,4 miljoner m<sup>3</sup> där tall utgjorde 43 % och gran ca 39 % av volymen. Utöver avverkning på den egna skogen köper SCA ca 2,6 miljoner m<sup>3</sup> av privata skogsägare årligen ([www.sca.com](http://www.sca.com)). Dessa 7 miljoner m<sup>3</sup> transporteras både med lastbil och med järnväg till SCA:s industrier. SCA strävar efter att transportera stora mängder virke på järnväg och har till sin hjälp ett väl utbyggt terminalsystem med nio terminaler, från Murjek i norr till Östavall i söder. De flesta av SCA:s mottagande industrier är lokaliserade längs Norrlandskusten med undantag för sågverken i Vilhelmina och Gällö (Hedlund 2012, pers. komm.).

De svenska sågverken har drabbats mycket hårt av konkurrens på marknaden för sågade trävaror vilket har gjort att exporterna har hämmats. På grund av valutasituationen tvingas SCA stänga två av sina sågverk och enligt Jonas Mårtensson (VD SCA Timber) befinner sig SCA i den värsta situationen för svensk sågverksindustri på fyrtio år. Trots låg efterfrågan på virke och låga virkespriser så är priset på råvara fortfarande högt. Detta innebär att SCA måste dra ned på produktionen och satsa resurserna på de större konkurrenskraftiga industrierna. Därför inledde SCA förhandlingar i januari 2013 om att lägga ned sågverken i Vilhelmina och Holmsund. Sågverken i Vilhelmina och Holmsund hade en årlig produktion på 115 000 m<sup>3</sup> respektive 90 000 m<sup>3</sup> sågade trävaror. Planen var att stänga de båda sågverken från och med den 1:a juli 2013 ([www.skogen.se](http://www.skogen.se)).

Nedläggningen av de två sågverken medför ett behov av en ny logistiklösning. Volymen som tidigare skulle gå till sågarna i Vilhelmina och Holmsund måste fördelas på resterande industrier och transporteras på ett kostnadseffektivt sätt i framtiden. SCA äger arealer i Vilhelmina området och de köper även in volymer från privata markägare i området vilket betyder att en hel del timmer, och då främst grantimmer, blir tillgängligt i området då sågen i Vilhelmina läggs ner.

## ***1.5 Syfte***

*Huvudsyftet* med arbetet är att jämföra föreslagna logistiklösningar för att på det mest kostnadseffektiva sätt transportera frigjorda granvolymen i samband med nedläggningen av Vilhelminas sågverk. Huvudsyftet delas upp i tre delsyften.

*Delsyfte 1* är att beräkna den verkliga transport- och terminalkostnaden för de föreslagna logistiklösningarna. Dessa kalkyler kommer att ligga till grund för de två andra delsyftena.

*Delsyfte 2* är att utforma en enkel optimeringsmodell i Excel för att kunna omfördela framtida frigjorda grantimmervolymer samt övriga sortiment i upptagningsområdet för Västerbottens- och Ångermanlandsförvaltning.

*Delsyfte 3* är att undersöka vilket av två olika terminalsystem som har störst besparingspotential. De två olika alternativen är befintligt terminalsystem i Västerbotten och Jämtland samt ett system där ett återinförande av virkesterminalen i Vilhelmina simuleras.

## 2. Material och metod

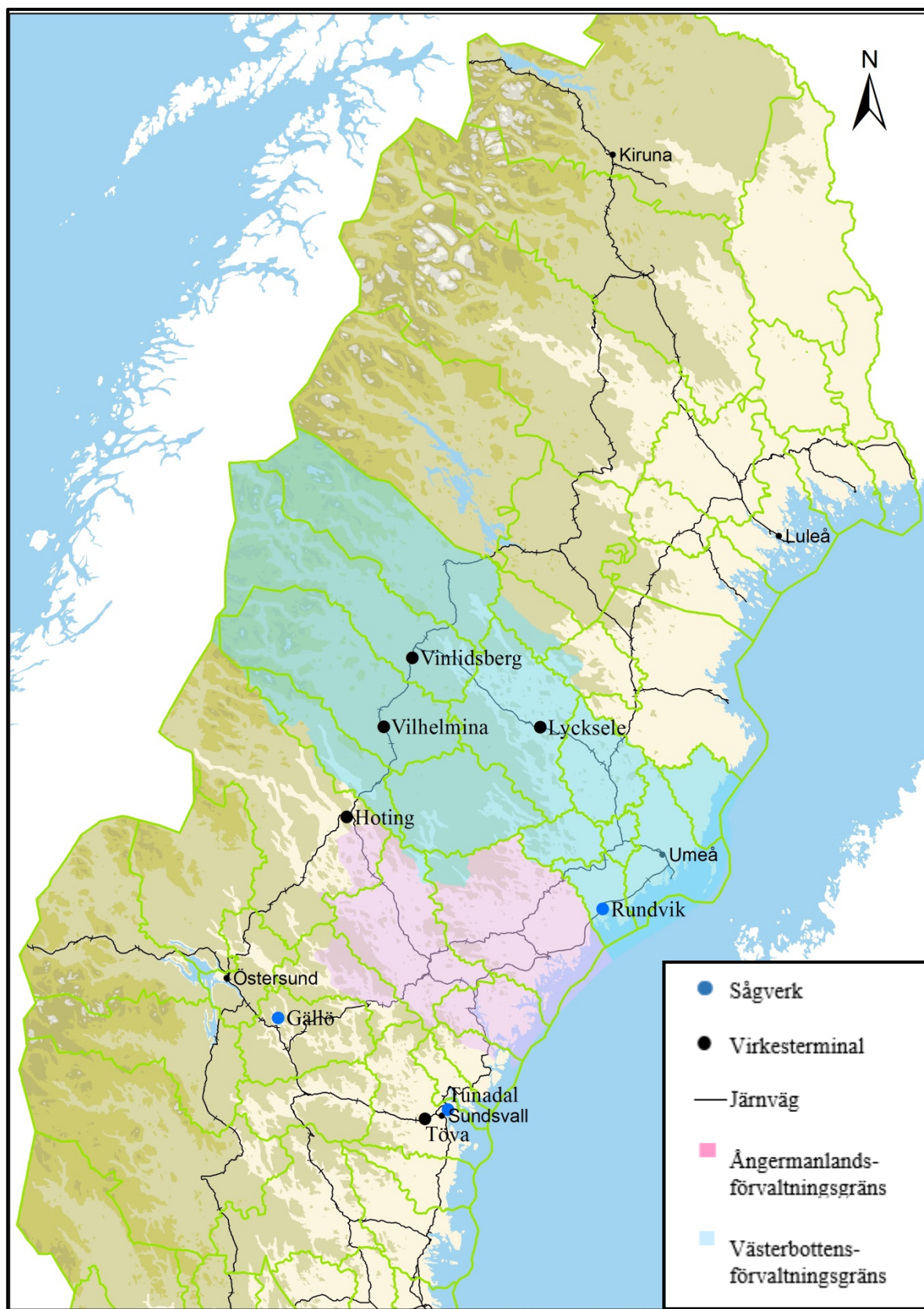
### 2.1 Avgränsningar och analysbeskrivning

Geografiskt: Examensarbetet berör endast Västerbottens- och Ångermanlands skogsförvaltningars upptagningsområden. Alla mottagande industrier ägs helt eller delvis av SCA och sågar grantimmer. För övriga sortiment fungerar Töva virkesterminal och Munksunds sågverk som mottagare.

Sortiment: Alla sortiment (grantimmer, talltimmer, barrmassaved, lövmassaved) som har producerats i upptagningsområdena kommer att tas med i beräkningarna. Detta görs för att komma nära den framtida terminalkostnaden.

Volymer: Historiska volymer från 2010, där alla sortiment ingår kommer att användas. Sortimenten är gran- och talltimmer samt massaved (barr och löv). Volymererna är aggregerade till viapunkter och det som benämns "Vilhelminavolymer" är de volymer som faktiskt kördes in till Vilhelminas sågverk under 2010.

Vid nedläggningen av Vilhelminas sågverk frigörs stora granvolymer som måste transporteras till andra SCA industrier. De tänkta mottagande sågverken är Tunadals-, Gällös- och Rundviks sågverk. Tunadals sågverk i Sundsvall sågar grantimmer med en konsumtionskapacitet på 500 000 m<sup>3</sup> rundvirke. Sågverket i Gällö ingår i Gällö Timber, ett delägt bolag som ligger beläget i Bräcke och sågar grantimmer med en konsumtionskapacitet på 325 000 m<sup>3</sup>. Rundviks sågverk ligger i Nordmalings kommun ca 50 km söder om Umeå, sågar grantimmer och har en konsumtionskapacitet på 300 000 m<sup>3</sup>. Munksunds sågverk ligger i Piteå och är ett av SCA Timbers tallsågverk med en konsumtionskapacitet på 440 000 m<sup>3</sup>. Töva terminalen fungerar som en fiktiv mottagande industri eftersom vissa begränsningar var tvungna att göras i modellen. Transporterna till SCA:s industrier sker med lastbil och järnväg där en del omlastning sker på virkesterminaler.



**Figur 1.** Översiktskarta som visar mottagare, befintligt terminalsystem, järnvägen samt förvaltningsgränserna för Västerbotten och Ångermanland (Källa: SCA).

**Figure 1.** Overview map of industries, existing terminal system, railway and management boundaries of Västerbotten and Ångermanland (Source: SCA).

Översiktskartan (figur 1) visar mottagande industrier, virkesterminaler, järnvägen och förvaltningsgränserna för Västerbotten och Ångermanland.

### **Tre faser**

I följande stycken redovisas material och metod i tre faser. Fas 1 innehåller kalkyler, SCA:s egna järnvägs kostnader, volymsdata, avstånd mellan källor och mottagare samt historiskt flöde mellan dessa. I fas 2 förbereds en flödesoptimeringsmodell i Excel med volyms-, avstånds-, kostnads- och variabelcellermatris. I fas 3 jämförs resultaten från flertalet flödesoptimeringar i Excel.

## ***2.2 Fas 1, uppdatera och skapa kalkyler***

I fas 1 förbereds de ekonomiska förutsättningarna för den kommande flödesoptimeringen.

Gille-kalkylen används för att beräkna lastbils kostnaden. Gille-kalkylen är upprättad av Sven Erik Gille och är uppbyggd helt och hållet i ett Excelkalkylblad. Den är väldigt omfattande då den tar hänsyn till allt från livslängden på däck till terminaltider (bilaga 1). Gille-kalkylen för kranbil uppdaterades med förutsättningar som gäller för 2013. Detta gjordes i samråd med Niclas Wikman på Wikmans åkeri AB i Nordmaling. Alla parametrar värderades och ändrades till 2013 års värden. Den innehåller en fast- och en rörlig transportkostnad i kr/ton. Målet med kalkylen är att redovisa den verkliga transportkostnaden för en timmerlastbil med kran och består av en fast startkostnad (kr/ton) samt en rörlig kostnad (kr/ton och km). Gille-kalkylen är hämtad från kurshemsidan för kursen ”Operativ styrning av virkesleveranser” kursen är på avancerad nivå och ingår i Jägmästareprogrammet.

De kostnader för järnvägstransporter som används i denna studie bygger på SCA:s egna järnvägs kostnader mellan olika järnvägssträckor ( $\text{kr/m}^3\text{f}$ ). Tariffen räknades om till en rörlig kostnad för att passa in i optimeringsmodellen ( $\text{kr/m}^3\text{f}$  och km).

Terminalkostnaden för Vilhelminas virkesterminal består av en rörlig del ( $\text{kr/m}^3\text{f}$ ) och en fast del. Den rörliga kostnaden kommer från en kalkyl för en terminalmaskin och är av typen höglyftare. Kalkylen har som mål att redovisa kostnader för en maskin under ett år med antalet driftstimmar per skift. Kalkylen togs fram i samråd med Per-Axel Eriksson i Umgransele. Den fasta kostnaden består av en investeringskostnad och ett medelvärde från de tre övriga terminalernas fasta kostnader som ingår i SCA:s befintliga terminalsystem i Västerbotten och Ångermanland.

Att göra en investering innebär likviditetskonsekvenser under en viss tid framåt. Framförallt handlar det om kostnader men också intäkter i vissa fall. Tidsperioden är i detta fall en viktig parameter att ta hänsyn till (Ljung & Högberg, 2007). Bakom ett investeringsbeslut ligger oftast någon form av incitament som t.ex. höjd produktivitet och högre intäkter. Då pratar man om reala investeringar, sådana som höjer produktiviteten genom att en byggnad rustas för att klara högre kapacitet av något slag (Andersson, 1997).

En annuitetskalkyl för två olika investeringsalternativ gjordes, det ena alternativet var på 5 miljoner kronor och det andra alternativet var på 30 miljoner kronor. Syftet med kalkylen var att ta med en kostnad för en nyinvestering i flödesoptimeringen samt undersöka vilken storlek på en investering transportsystemet klarar av. Formeln som användes i kalkylen ser ut på följande vis:

$$C_i = a(I - R) + rR$$

$$a = \frac{r * (1 + r)^t}{((1 + r)^t - 1)}$$

$a$  = amorteringsfaktor

$r$  = internränta

$I$  = investeringsbelopp

$R$  = restvärde

$C_i$  = kostnad per år

$t$  = år

## **2.3 Fas 2, omfördelning av volymer**

I fas 2 omfördelas alla de volymer som avverkades och transporterades i Västerbottens- och Ångermanlands upptagningsområde under 2010. Volymerna består av rundvirke och massaved.

### **2.3.1 Volyms-, avstånds- och flödesdata**

De historiska data som användes kommer från SCA och hade tidigare använts till en FlowOptanalys som genomfördes 2011. Data innehåller volymer från egen skog och privata köp som har sitt ursprung från Västerbottens- och Ångermanlands skogsförvaltningars upptagningsområden. De volymer som benämns som Vilhelminas granvolymer är allt som kördes in till Vilhelminas sågverk 2010. En del av dessa volymer kommer från Jämtlands skogsförvaltning eftersom en del nödlösningar gjordes 2010 (Hedlund 2012, pers. komm.). Alla volymer i datamängden är aggregerade till viapunkter.

Terminalsystemen som analyserats är dels befintligt terminalsystem samt ett utökat terminalsystem. I det befintliga terminalsystemet ingår virkesterminalerna i Hoting, Vindlidsberg samt Lycksele. I det utökade terminalsystemet ingår även virkesterminalen i Vilhelmina som idag inte används av SCA.

Befintligt järnvägsnät och dess turer används i flödesoptimeringen med en del förenklingar som fiktiva mottagare och avståndsberoende järnvägskostnader.

### 2.3.2 Logistiklösningar

Totalt testades 12 olika Logistiklösningar i modellen (tabell 1) enligt önskemål från uppdragsgivaren SCA Skog. Varje logistiklösning innehåller följande egenskaper:

- investeringsalternativ
- omfördelning av Vilhelminas grantimmervolymer, antingen en tredjedel vardera (Tunadal, Rundvik och Gällö) eller att alla grantimmervolymer körs till respektive sågverk som då var för sig är ett volymfördelningsalternativ (avser de grantimmervolymer som tidigare gick till Vilhelminas sågverk)
- terminalsystem (olika sammansättningar av virkesterminaler)

Dessa definitioner kommer att refereras till i examensarbetet.

**Tabell 1.** Logistiklösning

*Table 1. Logistic Solution*

Logistiklösning	Investeringsalternativ	Volymfördelningsalternativ	Antal terminaler
En tredjedel vardera 0	0	En tredjedel vardera	3
Gällö 0		Gällö	3
Rundvik 0		Rundvik	3
Tunadal 0		Tunadal	3
En tredjedel vardera 1	1	En tredjedel vardera	4
Gällö 1		Gällö	4
Rundvik 1		Rundvik	4
Tunadal 1		Tunadal	4
En tredjedel vardera 2	2	En tredjedel vardera	4
Gällö 2		Gällö	4
Rundvik 2		Rundvik	4
Tunadal 2		Tunadal	4

### 2.3.3 Anpassning av modellen, “det klassiska transportproblemet”

I samband med att sågen i Vilhelmina läggs ner kommer flödet av volymer att gå i en annan riktning. För att komma nära verkligheten vad gäller volymer som körs på järnväg och volymer som passerar terminaler utformades en optimeringsmodell med de nya förutsättningarna. Optimeringsmodellen innehåller historiska volymer aggregerat till viapunkter i en volymstris samt transportavstånd och transportkostnader som också är samlade i matriser. Volymstrisen är indelad i fyra perioder och gör att volymerna är tillgängliga en period i taget, vilket gör att modellen blir mer anpassad efter verkliga förhållanden såsom höst- och vårförfall. Optimeringsmodellen är byggd i Excel med OpenSolver som optimeringsmotor. Nedan följer en förteckning över index, beslutsvariabler, parametrar, målfunktion och bivillkor som användes i modellen (Lukka., 1994; Broman et al., 2009; Forsberg et al., 2005; Eriksson pers. komm. 2013; Rönnqvist pers. komm. 2014):



Index:

$i = 1 \dots I$	Viapunkt
$j = 1 \dots J$	Industri
$k = 1, 2, 3, 4$	Period
$l = 1, 2, 3, 4$	Sortiment
$t = 1 \dots T$	Terminal
$a =$	En terminalmaskin (låg kapacitet)
$b =$	Två terminalmaskiner (hög kapacitet)

Beslutsvariabler:

$U_{ijkl}$	Volym $U$ ( $\text{m}^3\text{f}$ ) från viapunkt $i$ till industri $j$ för alla perioder $k$ och för alla sortiment $l$
$V_{itkl}$	Volym $V$ ( $\text{m}^3\text{f}$ ) från viapunkt $i$ till terminal $t$ för alla perioder $k$ och för alla sortiment $l$
$X_{tjkl}$	Volym $X$ ( $\text{m}^3\text{f}$ ) från terminal $t$ till industri $j$ för alla perioder $k$ och för alla sortiment $l$
$Y_{ta}$	1, om volymer $\geq 1$ och uppgår till ett visst värde annars, 0
$Y_{tb}$	1, om volymer $\geq 1$ och uppgår till ett visst värde annars, 0
$M$	$M$ antar ett godtyckligt stort tal

Parametrar:

$S_{ikl}$	Utbud $S$ vid viapunkt $i$ för alla perioder $k$ och sortiment $l$
$D_{jkl}$	Efterfrågan $D$ vid industri $j$ för alla perioder $k$ och sortiment $l$
$F_{ta}$	Fast terminalkostnad för alla terminaler $t$ och kapacitet $a$
$F_{tb}$	Fast terminalkostnad för alla terminaler $t$ och kapacitet $b$
$C_{ij}$	Transportkostnad ( $\text{kr}/\text{m}^3\text{f}$ ) $C$ från viapunkt $i$ till industri $j$
$C_{it}$	Transportkostnad ( $\text{kr}/\text{m}^3\text{f}$ ) $C$ från viapunkt $i$ till terminal $t$
$C_{tj}$	Transportkostnad $\text{kr}/(\text{m}^3\text{f})$ $C$ från terminal $t$ till industri $j$

Målfunktion:

$$\begin{aligned} \min \sum_{k=1}^4 \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J U_{ijkl} C_{ij} &+ \sum_{k=1}^4 \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T V_{itkl} C_{it} + \sum_{k=1}^4 \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J X_{tjkl} C_{tj} + \sum_{t=1}^T F_{ta} * Y_{ta} \\ &+ \sum_{t=1}^T F_{tb} * Y_{tb} \end{aligned}$$

Bivillkor:

$$\sum_{j=1}^J U_{ijkl} + \sum_{t=1}^T V_{itkl} = S_{ikl} \quad i = 1 \dots I, k = 1 \dots 4 \quad (1)$$

(1) Bivillkor 1 representerar utbud S som är lika med i volym U från viapunkt i till industri j och volym V från viapunkt i till terminal t. Detta gäller för sortiment l och alla perioder k.

$$\sum_{i=1}^I U_{ijkl} + \sum_{t=1}^T X_{tjkl} = D_{jkl} \quad j = 1 \dots J, k = 1 \dots 4 \quad (2)$$

(2) Bivillkor 2 representerar efterfrågan D som är lika med volym U från viapunkt i till industri j och volym X från terminal t till industri j. Detta gäller för sortiment l och alla perioder k.

$$\sum_{i=1}^I V_{itkl} = \sum_{j=1}^J X_{tjkl} \quad t = 1 \dots T, k = 1 \dots 4 \quad (3)$$

(3) Bivillkor 3 representerar volym V från viapunkt i till terminal t som är lika med volym X från terminal t till industri j. Detta gäller för sortiment l och alla perioder k.

$$U, V, X \geq 0 \quad (4)$$

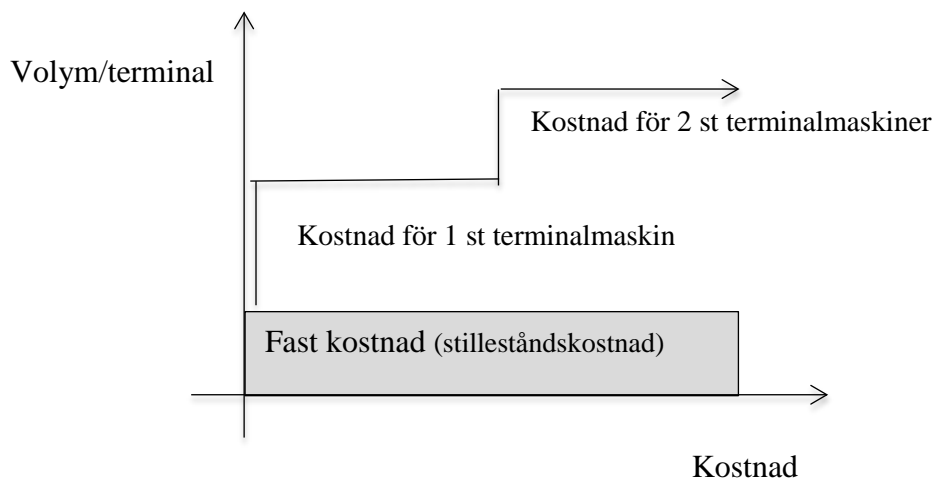
(4) Bivillkor 4 representerar alla variabler som lika med noll eller större.

$$\sum_{j=1}^J X_{tjkl} - (M * Y_{ta} + M * Y_{tb}) \leq 0 \quad t = 1 \dots T, k = 1 \dots 4 \quad (5)$$

(5) Bivillkor 5 representerar en binär funktion som alltid måste vara 0 eller  $\leq 0$  för alla volymer  $X$  för alla sortiment  $l$  som transporteras från terminal  $t$  till industri  $j$  kommer  $Y_{ta}$  (låg kapacitet) och  $Y_{tb}$  (hög kapacitet) att anta värdet 1, annars 0 (Dykstra, 1984).

$$Y_{tb} \leq Y_{ta} \quad t = 1 \dots T \quad (6)$$

(6) Bivillkor 6 representerar att  $Y_{tb}$  kan vara lika stor som, men aldrig större än  $Y_{ta}$ .



**Figur 2.** Schematisk bild av index b.

**Figure 2.** Schematic of index b.

För att kunna ta ett beslut om hur det framtida terminalsystemet skall se ut i SCA:s upptagningsområde i Norrlands inland är det av stor betydelse att ta med de rörliga- och fasta kostnaderna för de olika virkesterminalerna. I tidigare studier har endast hänsyn tagits till transportkostnaden  $\text{kr/m}^3\text{f}$  (Örtendahl, 2001, Bergdahl et al., 2002, FlowOpt, RuttOpt Narfström, 2013). För att optimeringsmodellen skulle kunna räkna med rörlig- och fast terminalkostnad i flödesberäkningarna upprättades ett speciellt bivillkor (bivillkor 5). Bivillkoret 5 bygger på en binär funktion som gör att  $Y$  antar värdet 1 om det transporteras volymer över en viss virkesterminal. Då  $Y$  antar värdet 1 räknas den fasta terminalkostnaden med i målfunktionen för en viss terminal. Eftersom målfunktionen syftar till att kostnadsminimera lönar det sig att transportera volymer via de terminaler som har de bästa geografiska- och ekonomiska förutsättningarna. Detta kan alltså resultera i att optimeringsmodellen utesluter en eller flera virkesterminaler ur systemet om det visar sig att det är det billigaste alternativet. Modellen tvingar flödet till vissa virkesterminaler där det transporterats mer än  $1\text{m}^3\text{f}$  då hela den fasta årskostnaden tas med i modellen i dessa

fall. Det blir alltså billigare per m<sup>3</sup> ju större volymer som transporteras via varje virkesterminal.

### 2.3.4 Flödesoptimeringsmodellen

Optimeringsmodellen är byggd i Excel och i den ingår avstånds-, kostnads-, volyms- och variabelcellmatriser (tabell 2). Totala antalet celler i modellen uppgår till 189 385 stycken celler varav variabla celler och antalet celler för kostnads-, avstånds- och volymmatriserna utgör 65 181 respektive 124 177 av de totala.

**Tabell 2.** Struktur och antal celler i flödesoptimeringsmodellen

*Table 2. The structure and the number of cells in the optimization model*

Sortiment	Viapunkter	Antal celler	
		Mottagare	Terminaler
Vilhelmina grantimmervolymer	112	5	4
Övriga grantimmervolymer	98	5	4
Tall	193	5	4
Övrigt sortiment	193	5	4

Volymen i flödesoptimeringsmodellen är uppdelad på olika sortiment. De sortiment som ingår är gran- och talltimmer, massaved (barr och löv). Utöver dessa tre sortiment finns även "Vilhelminas grantimmer" vilka utgör ett eget sortiment i modellen eftersom huvudsyftet med studien var att undersöka hur grantimret från Vilhelminas upptagningsområde ska hanteras på det mest kostnadseffektiva sättet i samband med nedläggningen av Vilhelminas sågverk. Modellen hanterar de olika sortimenten på följande sätt:

**Tabell 3.** Exempel på hur flödesoptimeringsmodellen hanterar olika sortiment

*Table 3. Example of how the optimization model handles different kinds of assortment*

	Mottagare 1	Mottagare 2	Mottagare 3
Viapunkt 1 (sortiment A)	<i>transporterad volym</i>		
Viapunkt 1 (sortiment B)			
Viapunkt 2 (sortiment A)			
Viapunkt 2 (sortiment B)			
Viapunkt 2 (sortiment C)			

### 2.4 Fas 3, jämförelse mellan olika logistiklösningar

I fas 3 gjordes en jämförelse av utfallen från de olika logistiklösningarna i tabeller och diagram. Kartor med flödespilar ritades i ArcMap för att kontrollera att modellen räknat rätt och att alla kostnadsparametrar stämde. De olika investeringsalternativen fungerar som en typ av känslighetsanalys i beräkningarna och i modellen. Det gjordes ingen känslighetsanalys på ökad grantimmervolym eller ökad bränslekostnad eftersom det under arbetets gång stod klart att flödet inte förändrades nämnvärt trots de olika logistiklösningarna. Medeltransportavståndet för lastbil och järnväg vägdes mot

transporterad volym. Detta gjordes då det kan ske flera transporter från samma viapunkt samt att antalet transporterade m<sup>3</sup>f har inverkan på var direktkörningsgränser hamnar. Följande matematiska formel användes:

$$\bar{T}_{ij} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (t_{ij} * v_{ij}) / \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J v_{ij} \quad i = 1 \dots I, \quad j = 1 \dots J \quad (1)$$

$\bar{T}_{ij}$  = Volymvägt medeltransportavstånd för grantimmer(km)

$t_{ij}$  = Transportsträcka från viapunkt i till industri j för grantimmer (km)

$v_{ij}$  = Transporterad volym från viapunkt i till industri j för grantimmer (m<sup>3</sup>f)

## 2.5 Programvara

Modellen i detta examensarbete har OpenSolver som optimeringsmotor. OpenSolver är fri och har öppen källkod och används som ett Exceltillägg. OpenSolver använder OpenSource COIN-OR och CBC optimeringsmotorn som löser stora linjärprogrammeringsproblem relativt snabbt men klarar inte av att lösa icke-linjära problem. Solvern i Excel måste därför ha lösningsmetoden simplex LP förvald innan optimeringen startar. OpenSolver har utvecklats för Excel 2001, 2007 och 2010 av Andrew Mason och Ian Dunning vid avdelningen för ingenjörsvetenskap vid University of Auckland ([www.opensolver.org](http://www.opensolver.org)). För kalkylering användes Excel och för optimeringsmodellen användes Excel i kombination med OpenSolver. Visual Studio, VBA (Visual Basic for Applications), Access, ArcMap och Visio användes för att hantera output från modellen (tabell 4).

**Tabell 4.** Programvara som användes i examensarbetet

**Table 4.** Software used in the master thesis

Utvecklare	Mjukvara		Programvara
	Operativsystem	Typ	
Microsoft	Microsoft Windows	Kalkylprogram	Excel
Microsoft	Microsoft Windows	Programutvecklingsmiljö	Visual Studio Ultimate 2012
Microsoft	Microsoft Windows	Programspråk för t.ex. macron i excel	VBA
Andrew Mason, DES, Univ. Of Auckland	Microsoft Windows	Öppen källkod för utveckling av optimeringsmodeller	Open Solver
Esri	Microsoft Windows	GIS	Arc Map
Microsoft	Microsoft Windows	DBMS	Access
Microsoft	Microsoft Windows	Diagramprogram	Visio

### 3. Resultat

Resultatet redovisas i tre faser, i samma ordning som i avsnittet material och metod.

- Ekonomiska förutsättningar
- Omfördelning av volymer i enlighet med de tre logistiklösningarna
- Jämförelse av slutligt resultat från logistiklösningarna

#### ***3.1 Fas 1, uppdaterade ekonomiska förutsättningar***

De ekonomiska beräkningarna är baserade på 2013 års förutsättningar och konstruerade i samråd med entreprenörer och sakkunniga och kan ses som allmängiltiga vid nyinvestering av terminalmaskiner, kranbil och vid upprustning av virkesterminal. En del av kalkylerna finns med som bilagor medan en del kalkyler är konfidentiella. Gille-kalkylen uppdaterades med 2013 års förutsättningar i samråd med en entreprenör som nyligen investerat i en kranbil (Bilaga 6.1). Produktionsdata rörande väglklasser ändrades ej då den representerar en norrlandsmodell med avseende på medeltransportavstånd. Tabell 5 innehåller resultat från kalkylerna. Det är de kostnaderna som användes i optimeringsmodellen. Järnvägskostnaderna redovisas inte i denna rapport eftersom de är baserade på SCA:s egna järnvägskostnader.

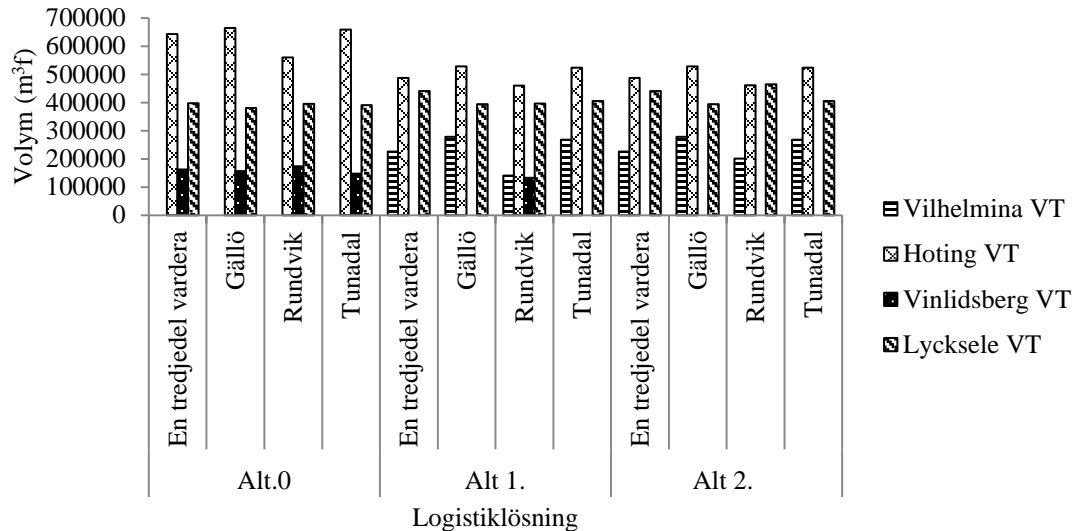
**Tabell 5.** Kostnader från kalkylerna som användes i examensarbetet

***Tabel 5. Costs from calculations used in the master thesis***

Kalkyler		Kostnader	
			kr
Lastbil, startkostnad			21,63
Lastbil, undervägs kostnad			0,66
Årlig kostnad, terminalmaskin			460 380
Årlig kostnad, investeringsalternativ 1			1 036 374
Årlig kostnad, investeringsalternativ 2			2 525 996

### 3.2 Fas 2, omfördelade volymer

Med hjälp av optimeringsmodellen omfördelades volymerna för de 12 logistiklösningarna (tabell 1).

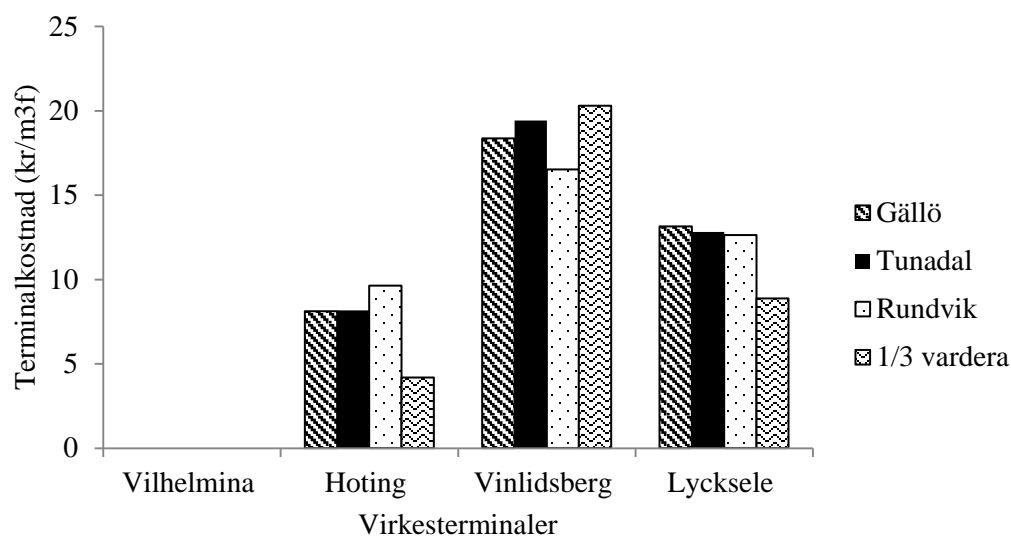


**Figur 3.** Antalet m<sup>3</sup>f som körts via de olika virkesterminalerna för varje logistiklösning.

*Figure 3.* The volume m<sup>3</sup>f that run through the various timber terminals for each logistics solution.

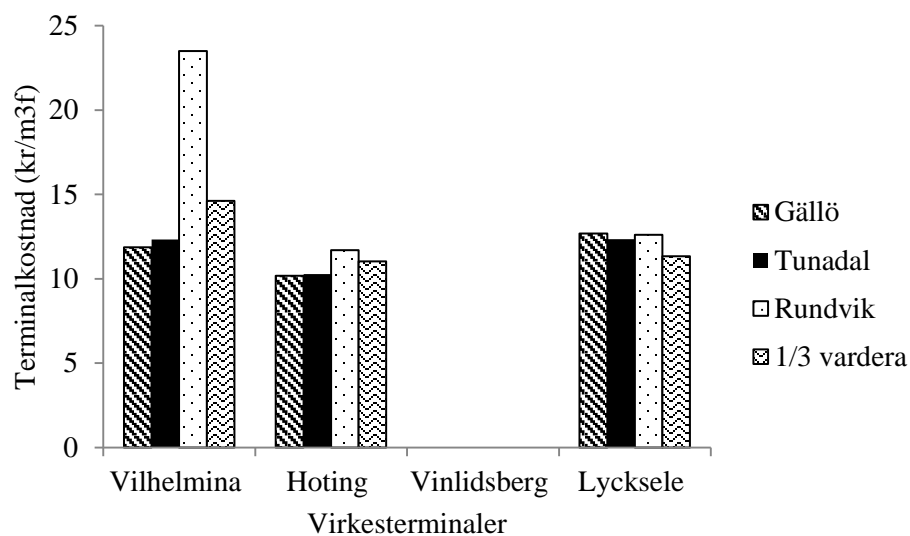
I majoriteten av logistiklösningarna var det optimalt med ett terminalsystem som använde max tre terminaler åt gången (figur 3). Modellen valde bort Vinlidsbergs virkesterminal flest gånger. Trots en nyinvestering i Vilhelminas virkesterminal blir ett terminalsystem där Vilhelmina ingår billigare än då Vinlidsbergs virkesterminal är med. Undantaget är i Alternativ 0 då Vilhelminas virkesterminal inte tas med i modellen och i Alternativ 1 då alla granvolymer skall köras till Rundvik. Det senare är den enda logistiklösningen där alla fyra terminalerna tas med av optimeringsmodellen. I övrigt tas inte Vinlidsbergs virkesterminal med av optimeringsmodellen.

Figur 4-6 visar hur terminalkostnaden förändras beroende på vald logistiklösning. En tydlig trend är att då alla granvolymer går till Gällö får Vilhelminas virkesterminal lägst terminalkostnad i jämförelse mot de andra flödesalternativen då virkesterminalen används.



**Figur 4.** Investeringsalternativ 0. Terminalkostnaden (kr/m<sup>3</sup>f) beror på antalet m<sup>3</sup>f som transporterats via någon av de tre terminalerna. Vilhelminas virkesterminal är inte med i dessa logistiklösningar.

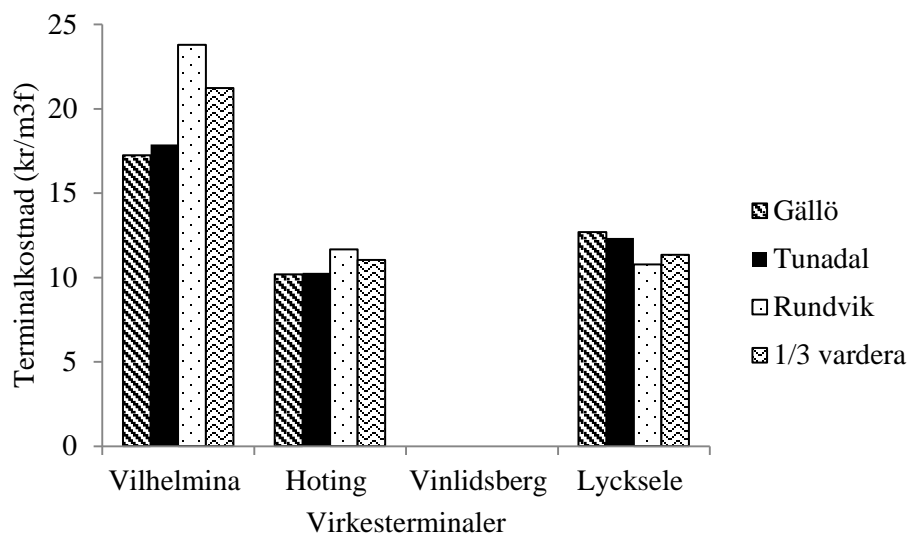
*Figure 4. Investment option no: 0. Terminal cost depends on the number of m<sup>3</sup> transported through any of the three terminals. Vilhelmina timber terminal is not included in these logistic solutions.*



**Figur 5.** Investeringsalternativ 1. Terminalkostnaden beror på antalet m<sup>3</sup>f som transporterats via någon de fyra terminalerna. Optimeringsmodellen valde att inte använda virkesterminalen i Vinlidsberg.

*Figure 5. Investment option no: 1. Terminal cost depends on the volume of m<sup>3</sup> transported through any of the four terminals. The optimization model chose not to make use of the timber terminal in Vinlidsberg.*



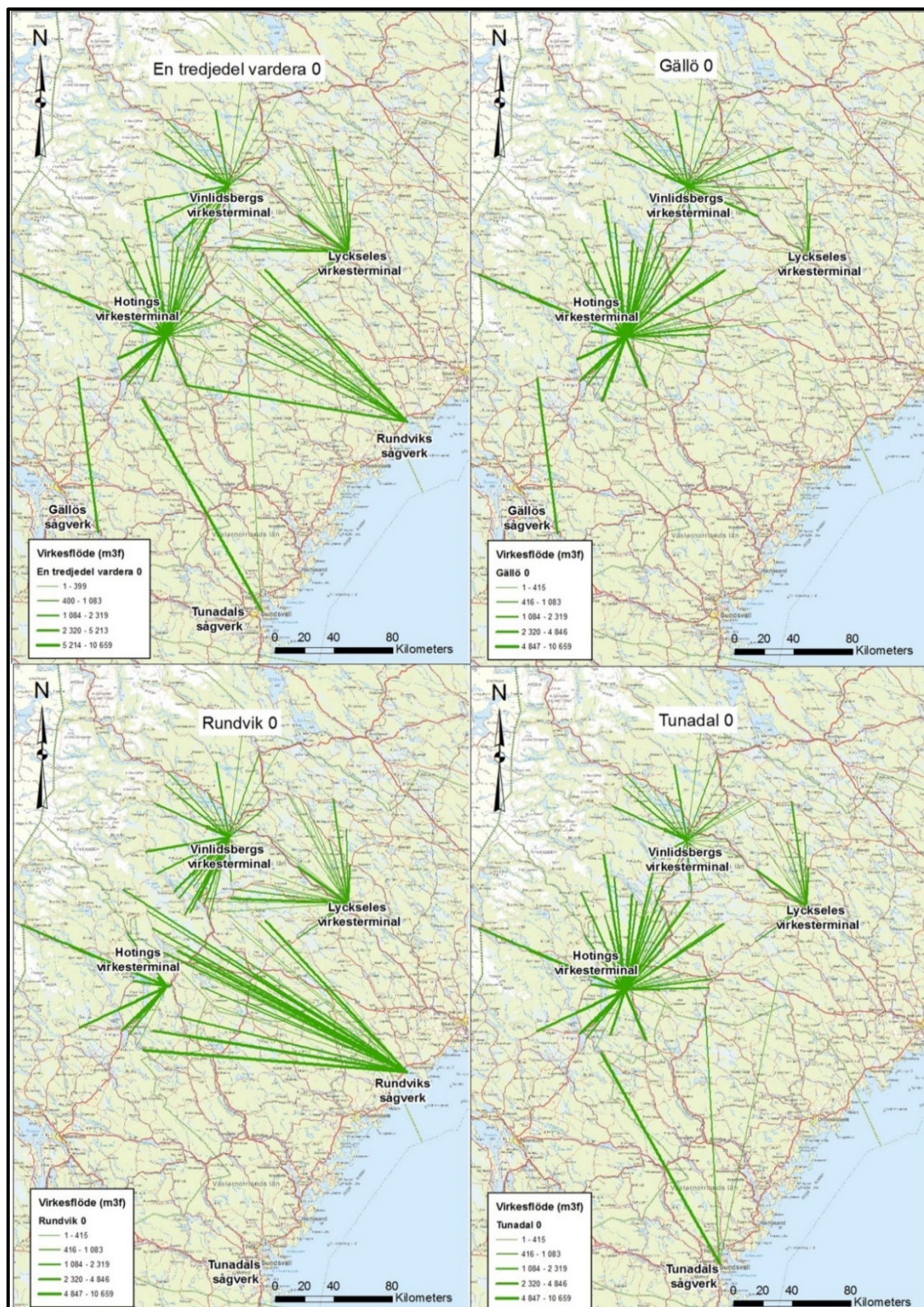


**Figur 6.** Investeringsalternativ 2. Terminalkostnaden beror på antalet  $m^3$  som transporterats via någon de fyra terminalerna. Optimeringsmodellen valde att inte använda virkesterminalen i Vinlidsberg.

*Figure 6. Investment option no: 2. Terminal cost depends on the volume of  $m^3$  transported through any of the four terminals. The optimization model chose not to make use of the timber terminal in Vinlidsberg.*

### 3.2.1 Investeringsalternativ 0, 1 och 2

Investeringsalternativ 0 (figur 7), är grundscenariot där virkesterminalen i Vilhelmina inte används och visar på ett ungefär hur de optimala flödena skulle kunna gå om ingen ändring i befintligt terminalsystem görs. Korsflödena beror på att optimeringsmodellen optimerar på historiska data och över fyra perioder för att efterlikna ett troligt operativt scenario där vissa vägar inte går att använda under vissa årtider samt att efterfrågan på virke avspeglas i tidigare transporterade volymer. Figur 7 visar kartor med flödespilar för de olika logistiklösningarna. Logistiklösning *Gällö 0* hade lägst transportkostnad och kortast volymvägt medeltransportavstånd. Terminalsystemet för investeringsalternativ 0 innehöll ingen av logistiklösningarna som gav totalt lägst transportkostnad.



**Figur 7.** Flödet av grantimmervolymer för de olika logistiklösningarna för investeringsalternativ 0 i kartor med flödespilar, antingen direkt till industri eller till någon av terminalerna. Flödesalternativ övre från vänster: En tredjedel vardera, Gällö. Nedre från vänster: Rundvik och Tunadal.

**Figure 7.** Flow of spruce timber in different logistic solutions for investment option 0 in maps with flow arrows, either directly to the industry or to any of the terminals. Flow Options from upper left: One-third each, Gällö. Bottom from left: Rundvik and Tunadal.

De största skillnaderna mellan tabell 6-8 är att transportarbetet för lastbil är totalt sett lägst för logistiklösning *Gällö 1* och *Gällö 2* (definition av de olika logistiklösningarna finns i tabell 1). Det volymvägda medeltransportavståndet för lastbil är längst för *Rundvik 2* och kortast för *Gällö 1* och *Gällö 2*. Det volymvägda medeltransportavståndet för järnväg är längst för logistiklösning *Rundvik 1* och kortast för *En tredjedel vardera 1* och *En tredjedel vardera 2*.

Vid investeringsalternativ 0 (tabell 6) är det volymvägda medeltransportavståndet kortast för järnvägstransporter och lastbilstransporter när alla volymer körs till Gällö. Längsta volymvägda medeltransportavståndet, för järnväg och lastbil, får logistiklösningen då granvolymer körs till Rundvik. Detta beror bland annat på att volymer som transporteras på järnvägen måste lastas om i Umeå på Gimonäs virkesterminal och köras med lastbil ca 50 km till sågverket i Rundvik. En annan orsak är att SCA:s upptagningsområde i Västerbotten ligger långt från Rundvik vilket bidrar till långa transportsträckor och därför högre transportkostnad.

**Tabell 6.** Transporttabell för investeringsalternativ 0

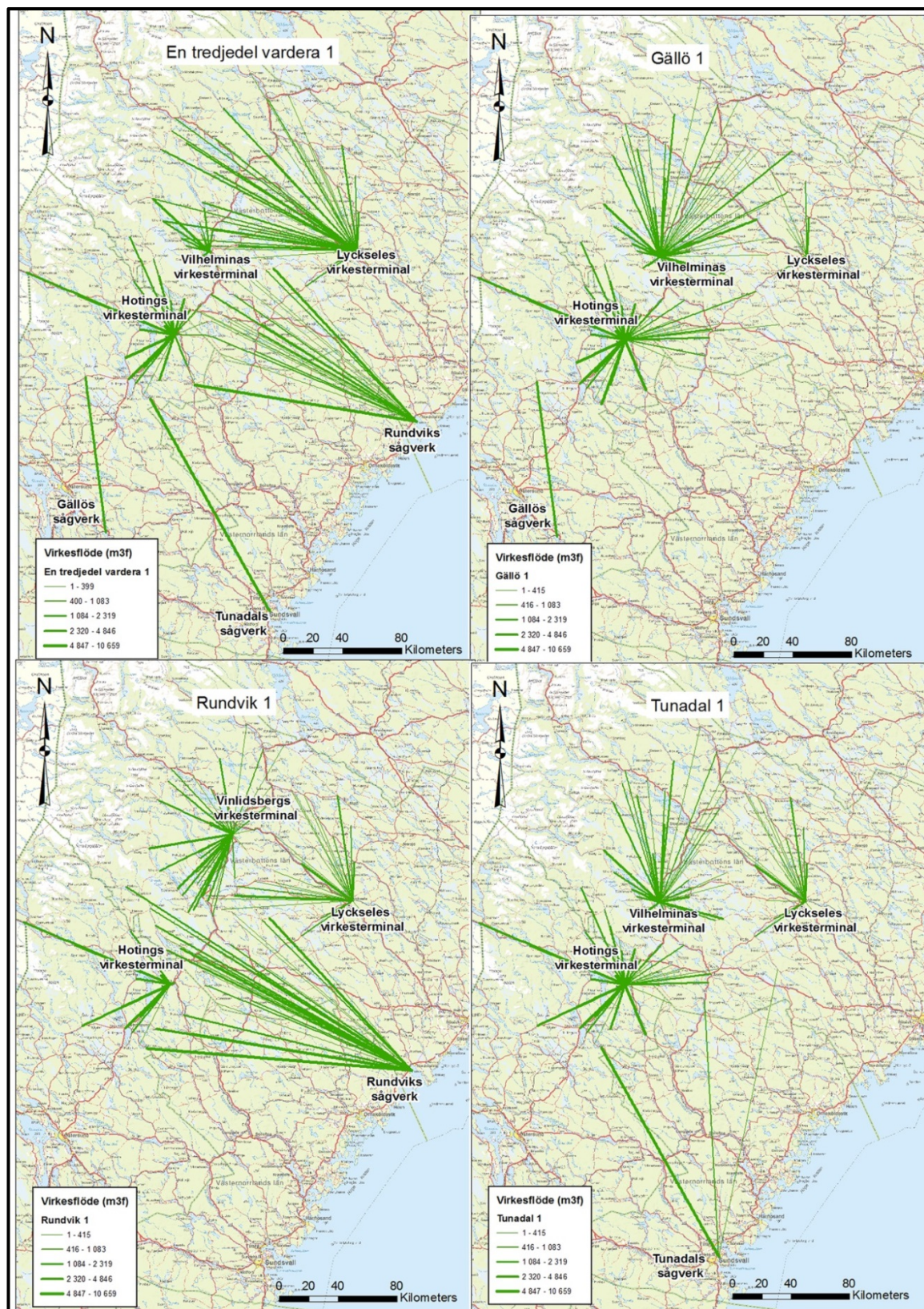
**Table 6.** Transport Table for investment option 0

Variabel	Logistiklösning			
	1/3 vardera 0	Gällö 0	Rundvik 0	Tunadal 0
Volymvägt medeltransportavstånd JVG* (km)	262,41	237,80	388,41	330,25
Volymvägt medeltransportavstånd LB** (km)	72,26	62,58	101,66	65,61
Volym, JVG* (m3f)	226 277	259 843	187 599	255 839
Volym, LB** (m3f)	268 069	268 069	268 069	268 069
Transportsträcka JVG* (km)	71 181	81 270	69 516	105 454
Transportsträcka LB** (km)	22 013	19 757	30 905	20 285
Vikt, JVG (ton)	217 226	249 449	180 095	245 605
Vikt, LB (ton)	257 346	257 346	257 346	257 346
Trp.arbete, JVG (Milj. tonkm)	57,00	59,31	69,95	81,11
Trp.arbete, LB (Milj. tonkm)	18,59	16,10	26,16	16,88

JVG\* = Järnväg, LB\*\* = Lastbil

Investeringsalternativ 1 (figur 8) är scenariot där virkesterminalen i Vilhelmina rustas upp för 5 miljoner kronor. Den största skillnaden mot investeringsalternativ 0 är att optimeringsmodellen har valt bort virkesterminalen i Vinlidsberg, det blir alltså mindre kostsam att använda Vilhelminas virkesterminal trots en nyinvestering då den ligger bättre till geografiskt och att det transporteras för liten volym för att det ska hålla ekonomiskt med fyra terminaler i terminalsystemet. Figur 8 visar kartor med flödespilar för de olika logistiklösningarna. Logistiklösning *Gällö 1* hade lägst transportkostnad och kortast volymvägt medeltransportavstånd precis som i investeringsalternativ 0.





**Figur 8.** Flödet av grantimmervolymer för de olika logistiklösningarna för investeringsalternativ 1 i kartor med flödespilar, antingen direkt till industri eller till någon av terminalerna. Flödesalternativ övre från vänster: En tredjedel vardera, Gällö. Nedre från vänster: Rundvik och Tunadal.

**Figure 8.** Flow of spruce timber in investment option no: 1 in maps with flow arrows, either directly to the industry or to any of the terminals. Flow options from top left: One-third each, Gällö. Bottom from left: Rundvik and Tunadal.

Vid investeringsalternativ 1 (tabell 7) är det volymvägda medeltransportavståndet kortast för järnvägstransporter och lastbilstransporter när alla volymer körs till Gällö. Längsta volymvägda medeltransportavståndet, för järnväg och lastbil, får logistiklösningen då granvolymerna körs till Rundvik. Transportarbetet för järnväg är högst för Tunadal och Gällö samtidigt som de två logistiklösningarna har lägst transportarbete för lastbil. Investeringsalternativ 1 gav den bästa logistiklösningen med avseende på total transportkostnad då alla granvolymer kördes till Gällö.

**Tabell 7.** Transporttabell för investeringsalternativ 1

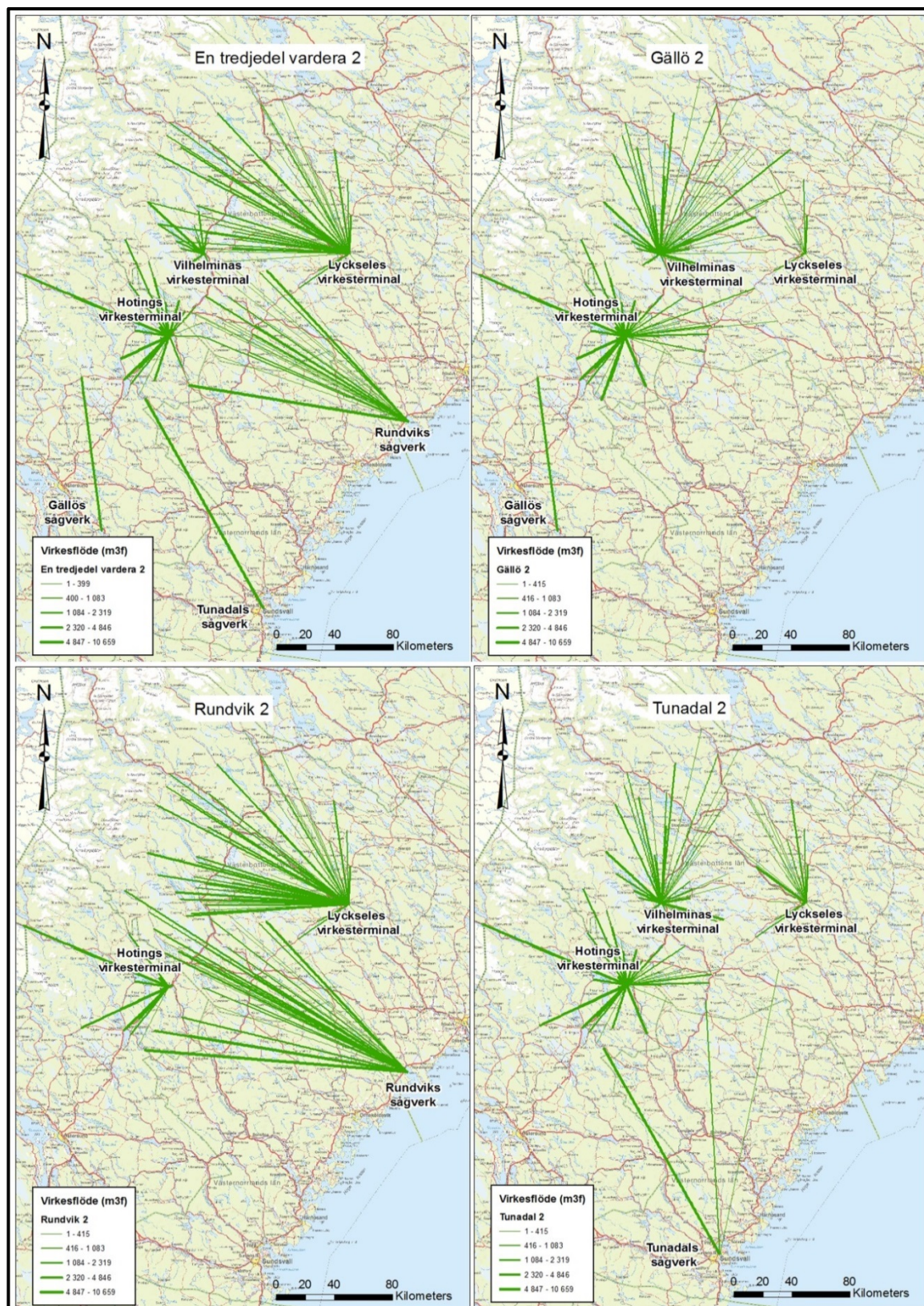
**Table 7.** Transport Table for investment option 1

Variabel	1/3 vardera 1	Logistiklösning		
		Gällö 1	Rundvik 1	Tunadal 1
Volymvägt medeltransportavstånd JVG* (km)	252,51	240,91	388,41	335,86
Volymvägt medeltransportavstånd LB** (km)	84,91	57,53	101,66	59,12
Volym, JVG* (m3f)	213 279	259 843	187 599	255 839
Volym, LB** (m3f)	268 069	268 069	268 069	268 069
Transportsträcka JVG* (km)	61 970	80 502	69 516	106 188
Transportsträcka LB** (km)	28 681	19 561	30 905	19 114
Vikt, JVG (ton)	204 748	249 449	180 095	245 605
Vikt, LB (ton)	257 346	257 346	257 346	257 346
Trp.arbete, JVG (Milj. tonkm)	51,69	60,09	69,95	82,48
Trp.arbete, LB (Milj. tonkm)	21,85	14,80	26,16	15,21

JVG\* = Järnväg, LB\*\* = Lastbil

Investeringsalternativ 2 (figur 9) är scenariot där virkesterminalen i Vilhelmina rustas upp för 30 miljoner kronor. Den största skillnaden mot investeringsalternativ 0 är att optimeringsmodellen, precis som i investeringsalternativ 1, har valt bort virkesterminalen i Vinlidsberg. Återigen blir Vilhelminas virkesterminal billigare att använda vid en nyinvestering eftersom den ligger bättre till geografiskt och att det transporteras för liten volym för att det ska vara ekonomiskt försvarbart med fyra terminaler i terminalsystemet. Figur 3 illustrerar flödena för de olika logistiklösningarna. Logistiklösning *Gällö 1* hade lägst transportkostnad och kortast volymvägt medeltransportavstånd precis som i investeringsalternativ 0 och 1.





**Figur 9.** Flödet av grantimmervolymer för investeringsalternativ2, antingen direkt till industri eller till någon av terminalerna. Flödesalternativ övre från vänster: En tredjedel vardera, Gällö. Nedre från vänster: Rundvik och Tunadal.

**Figure 9.** The flow of spruce timber for investment option no: 2 in maps with flow arrows, either directly to the industry or to any of the terminals. Flow options from top left: One-third each, Gällö. Bottom from left: Rundvik and Tunadal.

Tabell 8 visar transportdata för Investeringsalternativ 2. Det volymvägda medeltransportavståndet är kortast för järnvägstransporter och lastbilstransporter när alla volymer körs till Gällö. Längsta volymvägda medeltransportavståndet, för järnväg och lastbil, får logistiklösningen då granvolymerna körs till Rundvik. Transportarbetet för järnväg är högst för Tunadal och Gällö samtidigt som de två logistiklösningarna har lägst transportarbete för lastbil. Investeringsalternativ 1 gav den bästa logistiklösningen med avseende på total transportkostnad då alla granvolymerna kördes till Gällö.

**Tabell 8.** Transporttabell för investeringsalternativ 2

*Table 8. Transport Table for investment option 2*

Variabel	1/3 vardera 2	Logistiklösning		
		Gällö 2	Rundvik 2	Tunadal 2
Volymvägt medeltransportavstånd JVG* (km)	252,51	240,91	355,85	335,86
Volymvägt medeltransportavstånd LB** (km)	84,91	57,53	119,25	59,12
Volym, JVG* (m3f)	213 279	259 843	186 772	255 839
Volym, LB** (m3f)	268 069	268 069	268 069	268 069
Transportsträcka JVG* (km)	61 970	80 502	59 042	106 188
Transportsträcka LB** (km)	28 681	19 561	38 523	19 114
Vikt, JVG (ton)	204 748	249 449	179 301	245 605
Vikt, LB (ton)	257 346	257 346	257 346	257 346
Trp.arbete, JVG (Milj. tonkm)	51,69	60,09	63,80	82,48
Trp.arbete, LB (Milj. tonkm)	21,85	14,80	30,68	15,21

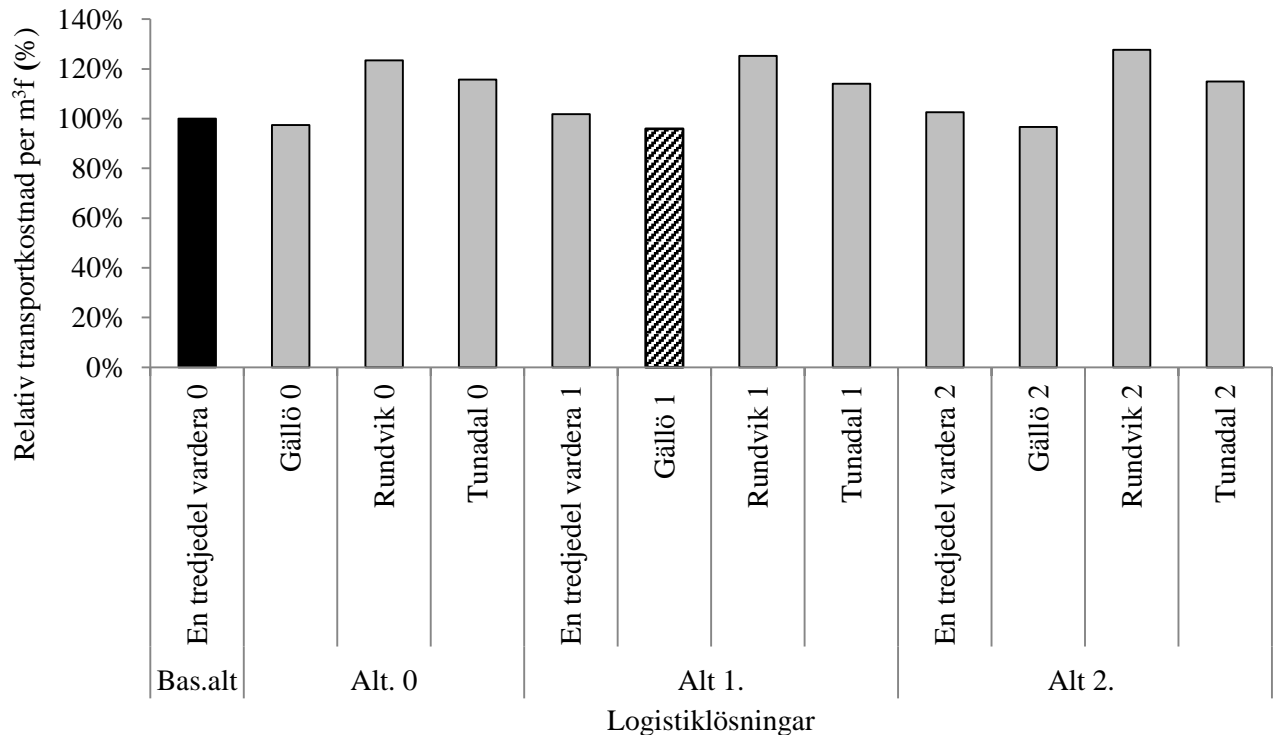
JVG\* = Järnväg, LB\*\* = Lastbil

### Sammanfattning av transporttabeller

Optimeringsmodellen har valt ganska liknande flöden för de tolv logistiklösningarna. För att modellen skall ändra direktkörningsgräns/optimalt medeltransportavstånd för lastbilstransporter ska det alltså till större förändringar av kostnader, som t.ex. högre drivmedelspriser eller ännu högre terminalkostnader. Det billigaste transportsättet från Vilhelminaområdet är järnväg trots en dyrare terminalkostnad på grund av investerings- och omlastningskostnad från ett transportslag till ett annat.

### 3.3 Fas 3, jämförelse och val av bästa logistiklösning

Vid en jämförelse av resultaten framgick det att logistiklösning Gällö 1 är det alternativ som ger lägst transportkostnad per  $m^3f$ . Optimeringsmodellen valde bort virkesterminalen i Vinlidsberg och logistiklösningen består därför av tre virkesterminaler istället för fyra. Ett logistiksystem med färre terminaler får ett högre transportarbete medan transportkostnaden och den fasta terminalkostnaden per  $m^3f$  totalt sett blir lägre.



**Figur 10.** Relativ transportkostnad per  $m^3f$  för de olika logistiklösningarna i relation till basalternativet.

**Figure 10.** Relatively transportation costs per  $m^3f$  for the various logistics solutions in relation to the basic alternative.

I figur 10 är den relativa transportkostnaden (kr/ $m^3f$ ) för logistiklösningarna ställt i relation till basalternativet (svart stapel i figur 10). I kostnaden för respektive logistiklösning ingår den summerade kostnaden i procent för lastbilstransport, järnvägstransport och terminalkostnad per transporterad  $m^3f$ . Trots att alternativ två innehåller en högre investeringskostnad på virkesterminalen i Vilhelmina ger det ett litet utslag på kostnaden. Den stora skillnaden i kostnad är hur mycket som körs på lastbil. Logistiklösning *Gällö 1* är det billigaste transportalternativet oavsett investeringsalternativ, 4 % billigare än basalternativet. Det dyraste alternativet är logistiklösning *Rundvik 2* med en kostnad som är 28 % dyrare än basalternativet.



## 4. Diskussion

Syftet med arbetet var att utforma en ny logistiklösning för att på ett kostnadseffektivt sätt transportera frigjorda grantimmervolymer i samband med nedläggningen av Vilhelminas sågverk. Resultatet visar att logistiklösning *Gällö 1* (tabell 1) var det alternativ som genererade lägst transportkostnad. *Gällö 1* är en logistiklösning med stor andel järnvägstransporter vilket troligtvis även är positivt för miljön eftersom utsläppen från lastbilar minskar.

### 4.1 Jämförelse mot tidigare studier

De flesta studier som behandlar någon form av flödesanalys i skogliga sammanhang har använt sig av optimeringsmodeller som metod för att antingen kostnadsminimera eller vinstmaximera olika logistiklösningar. Dessa analyser kan bli väldigt stora och komplexa eftersom de ofta rör sig om ett stort antal källor som är utspridda i ett upptagningsområde, intermodala transportmöjligheter, olika sortiment från källorna, transportkapacitet som varierar med säsongsvariationer och restriktioner och önskemål från mottagaren. Linjära optimeringsmodeller lämpar sig därför bra till denna typ av analyser eftersom det går relativt snabbt att räkna ut den billigaste logistiklösningen.

#### Jämförelse av metod

Metoden i sig begränsar inte resultatet i så stor utsträckning utan det är främst indata till optimeringsmodellen som avgör hur säkert eller osäkert resultatet blir. Begränsande faktorer kan dock vara bristen på stokastiska variabler och längden på tidshorisonter i optimeringsmodellen (Bergdahl et al., 2003). Detta gör att optimeringsmodeller där historiska data används torde vara lämpliga att använda som beslutsunderlag för strategiska och taktiska beslut snarare än operativa beslut eftersom det historiska data man använder innehåller osäkerheter som t.ex. säsongsvariationer för ett visst år. Ju fler och kortare tidshorisonterna är i optimeringsmodellen desto lägre blir potentialen för kostnadsminimering. Men då syftet med en flödesanalys, som t.ex. i denna studie, är att räkna ut den billigaste logistiklösningen med faktiska förhållanden snarare än att undersöka en maximal potential i kostnadsminimering så blir resultatet mer trovärdigt med fler och kortare tidshorisonter samt genererar resultat i form av transportkostnader som företaget känner igen.

#### Jämförelse av resultat

Forsberg et al. (2003) kunde konstatera att potentialen till returtransport för lastbil minskade när järnvägstransporter togs med i beräkningarna eftersom järnvägstransporter är mycket billigare på längre transportavstånd. Resultatet i denna rapport tyder på samma sak, att järnvägstransporter är billigare vid längre transportavstånd. Trots att investeringsalternativ 2 innebar stora investeringar i Vilhelminas virkesterminal påverkades transportkostnaden lite i jämförelse med hur transportkostnaden förändrades när medeltransportavståndet ökade något på lastbil. Indata till detta arbete är från 2010 och insamlat av SCA i samband med en FlowOptanalys som gjordes 2011 (Hedlund 2012, pers. komm.).

Målformuleringar och bivillkor är uppbyggda på liknande sätt som i FlowOpt men inte lika avancerade. En stor och avgörande skillnad är att flödesoptimeringen i denna rapport tar hänsyn till den fasta terminalkostnaden eftersom huvudsyftet var att ta reda på hur många och vilka terminaler SCA:s logistiksystem i Västerbottens inland klarar av ekonomiskt.

Den ena delen av metodiken i detta arbete utgörs av kostnadskalkyler på investeringar av maskiner och virkesterminal. Kalkyler som beslutsunderlag kan ge intrycket av att en investering kommer att bli lönsam för att sedan resultera i lägre lönsamhet än förväntat då marknaden svänger. Den problematiken berörs i en studie av Hoflund & Snögren (2011) där en investeringskalkyl gjorts för en ny såglinje. Det är en betydelsefull aspekt eftersom de matematiska lösningarna i optimeringsmodellen bygger på flertalet kalkyler.

Kostnadskalkyler på investeringar är nödvändigt men bör användas med förbehåll.

Felaktiga indata, exempelvis en för låg transportkostnad för lastbil, kan påverka valet av transportslag för modellen vilket i sin tur kan leda till längre direktkörningsgräns för lastbil och att den faktiska transportkostnaden blir mycket högre än förväntat.

Den andra delen av metodiken utgörs av en flödesoptimering med linjär målformulering och bivillkor för kostnadsminimering. Optimeringsmodellen som använts i denna studie fungerar som ett beslutsstöd och är på många sätt jämförbar med FlowOpt. En stor skillnad är att modellen i denna rapport har OpenSolver som optimeringsmotor. En stor fördel med att kombinera Excel och OpenSolver är att resultaten är lätta att tyda och analysera.

Flertalet studier som berör skoglig planering och logistik har använt den metodiken för att antingen räkna ut vilka flöden som ger lägst transportkostnad eller maximal vinst. De slutsatser Bergdahl, Örtendahl och Fjeld (2003) lyfte fram var hur mycket potentialen kan överskattas och att det i matematiska modeller är svårt att ta hänsyn till stokastiska variabler.

Dessa slutsatser togs med i beaktande när optimeringsmodellen i denna studie utvecklades och det resulterade i en modell som optimerar historiska data under ett år uppdelat på fyra perioder. Detta gjordes eftersom ett beslut skulle fattas av SCA huruvida en upprustning av virkesterminalen i Vilhelmina skulle göras eller inte. Därför var det av stor vikt att försöka efterlikna verkligheten för SCA och de nya flödena i samband med nedläggningen av sågverket i Vilhelmina. De verkliga flödena representerade inte enbart volymerna utan också efterfrågan, utbud och begränsande faktorer som t.ex. höst- och vårförfall. Detta skulle då ge SCA siffror som de känner igen och kan jämföra med sina egna siffror och därigenom kunna fatta rätt beslut om hur strukturen på deras framtida terminalsystem ska se ut.

Slutsatsen av jämförelser med tidigare studier med liknande metodval visar att största skillnaden mot denna studie är hur optimeringsmodellen tar hänsyn till den fasta terminalkostnaden. Med det menas att flödesoptimeringen i studien bygger på en kostnadsminimering där även den fasta terminalkostnaden är med och påverkar hur timmer- och massavedstransporterna skall transporteras på det mest kostnadseffektiva

sättet. Fast terminalkostnad är alltså kostnaden för underhåll per år för en virkesterminal. Vid jämförelsen med de tidigare studierna (Bergdahl et al., 2003; Forsberg et al., 2003; Flisberg et al., 2012) framkom det att endast den rörliga transportkostnaden (kr/m<sup>3</sup>f) är med i de optimeringsmodellerna.

## ***4.2 Kritisk granskning***

Indata i modellen är historiska data från 2010 (Hedlund 2012, pers. komm.). Det finns både för och nackdelar med att använda data från ett år. Fördelen är att efterfrågan och utbud blir realistiska. Nackdelen är att just det året kanske inte är särskilt representativt eftersom upptagningsområdet varierar beroende på hur mycket och vart volymer köps av privata markägare.

Andra faktorer som påverkar upptagningsområdet är hur säsongvariationer varierar från år till år, t.ex. tidig eller sen vinter. Alternativet hade varit att simulera data vilket hade blivit väldigt svårt eftersom många stokastiska variabler är svåra att identifiera och kan vara svåra att simulera. De kommer dock med på köpet till viss del vid användandet av historiska data.

Viapunkterna är aggregerade avlägg med volymer, det blir därför inte exakt transportavstånd, vilket är en felkälla som dock borde ha liten betydelse (Frisk, 2013, pers. komm.). En annan felkälla är den fiktiva mottagaren Töva virkesterminal som i modellen representerar alla mottagande industrier i Sundsvall förutom Tunadals sågverk. Detta innebär att transportavstånden till övriga Sundsvallsindustrier inte är helt korrekta samt att transportkostnaden för sortimenten löv, tall och massaved är ett medelvärde istället för specificerat per sortiment. En annan felkälla är sortimenten i indata. Sortimenten är till viss del sammanslagna för att modellen skulle bli mindre och optimeringen gå snabbare. Det ansågs inte lika nödvändigt att specificera dessa poster på samma sätt som de aktuella granvolymerna från Vilhelminatrakten.

## ***4.3 Slutsatser och vidare forskning***

Optimeringsmodellen har valt förhållandevis liknande flöden för de tolv logistiklösningarna eftersom analysen visade att direktkörningsgräns/optimalt medeltransportavstånd för lastbilstransporter och val av transportslag förändras lite mellan logistiklösningarna. För att modellen skall ändra direktkörningsgräns/optimalt medeltransportavstånd för lastbilstransporter ska det alltså ske större förändringar av kostnader, som t.ex. högre drivmedelspriser eller ännu högre terminalkostnader.

Det billigaste transportsättet från Vilhelminaområdet är järnväg trots en dyrare terminalkostnad på grund av investerings- och omlastningskostnad från ett transportslag till ett annat. Resultatet visar också att det transporteras för lite volymer för att ett terminalsystem med fyra virkesterminaler ska vara ekonomiskt försvarbart. Modellen har istället valt att köra på ett terminalsystem med tre av de fyra virkesterminalerna. Sammanfattningsvis bör:

- ett terminalsystem innehållande tre terminaler användas
- Vilhelminas virkesterminal rustas upp och användas istället för virkesterminalen i Vinlidsberg eftersom Vilhelminas virkesterminal ligger bättre till geografiskt
- Gällö försörjas med de granvolymen som tidigare transporterades till Vilhelminas sågverk
- Hänsyn bör alltid tas till den fasta terminalkostnaden för att få en riktig skattning av var direktkörningsgränsen går samt hur det optimala terminalsystemet bör se ut.

En intressant frågeställning att forska vidare på är att undersöka hur en totaloptimering där SCA:s totala upptagningsområde och alla industrier samt terminaler ingår i en flödesanalys skulle påverka valet av terminalsystem i Västerbottens inland. Vid en totaloptimering låter man optimeringsmodellen välja hur virkesflödet ska gå, hur mycket och till vilka industrier. Det vill säga att inte låsa optimeringen som gjorts i denna studie där flödet styrs av olika scenarier av varierad efterfrågan. Det skulle troligtvis ge ett mer tillförlitligt resultat av den ekonomiska potential som finns. Det är möjligt att det skulle påverka resultatet som föll ut i denna studie.

En annan intressant frågeställning är att optimera på ett helt verksamhetsområde och samtidigt byta ut hela eller delar av fordonsflottan av konventionella 60-tons timmerbilar mot tyngre timmerbilar. Exempel på timmerbilar med högre maxlast skulle kunna vara 74-, 76- eller 90-tons timmerbilar.

## Referenser

### *Tryckta referenser*

Anon. Skogsstatistisk årsbok 2013. Skogsstyrelsen.

Andersson, G. 1997. Kalkyler som beslutsunderlag. Studentlitteratur, Lund.

Andersson, G., Flisberg, P., Lidén, P. and Rönnqvist, M. 2007. RuttOpt – A decision support system for routing logging trucks. Canadian Journal of Forest Research, vol. 38, no. 7, pp. 1784-1796.

Bengtsson, J. 2010. Produktionsplanering med icke linjär blandningsoptimering. Examensarbete i datalogi om 30 högskolepoäng vid Programmet för teknisk fysik. KTH ISSN-1653-5715

Bergdahl, A. 2002. Olika faktorerers betydelse för potentiell kostnadsbesparing genom optimal destinerings av timmer i Norrland. Arbetsrapport – Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för Skogshushållning nr 53. Umeå.

Bergdahl, A., Örtendahl, A. and Fjeld, D. 2003. The economic potential for optimal destination of round wood in north Sweden - effects of planning horizon and delivery precision. International Journal of Forest Engineering, vol. 14, no. 1.

Björheden, R. and Eriksson, L.O. 1989. Optimal storing, transport and processing for a forest-fuel supplier. European Journal of Operational Research, vol. 43, no. 1, pp. 26–33.

Björheden, R. and Eriksson, L.O. 1990. The effects on operational planning of changes in energy content of stored wood fuels. Scandinavian Journal of Forest Research, vol. 5, pp. 255-261.

Broman, H., Frisk, M. and Rönnqvist, M. 2009. Supply chain planning of harvest and transportation operations after the storm Gudrun. Journal: INFOR: Information Systems and Operational Research, vol. 47, no. 3, pp. 235-245.

Carlsson, D. and Rönnqvist, M. 1998. Supply chain management in forestry—case studies at Södra Cell AB. European Journal of Operational Research, vol. 163, no. 3, pp. 589–616

Carlsson, D. and Rönnqvist, M. 1998. Tactical planning of forestry transportation with respect to backhauling. Department of Mathematics, Linköping University.

Dykstra, D, P. 1984. Mathematical programming for natural resource management. New York: McGraw-Hill Book Company.

Fjeld, D & Dahlin, B. 2010. Nordic logistics handbook: Forest operations in wood supply. Sveriges Lantbruksuniversitet Umeå, Helsinki University. pp. 5-65.

Flisberg, P., Frisk, M., Rönnqvist, M. 2012. FuelOpt: A decision support system for forest fuel logistics. *Journal of the Operational Research Society*, vol. 63, pp. 1600-1612.

Forsberg, M., Frisk, M., and Rönnqvist, M. 2005. FlowOpt – a decision support tool for strategic and tactical transportation planning in forestry. *International Journal of Forest Engineering*, vol. 16, no. 2, pp. 101–114.

Frisk, M. & Rönnqvist, M. 2005. FlowOpt- en väg till effektivare virkesflöden. RESULTAT från Skogforsk, no.8.

Gunnarsson, H., Rönnqvist, M. and Lundgren, J. 2004. Supply chains modeling of forest fuel. *European journal of operational research*, vol, 158, pp. 103-123.

Gunnarsson, H., Lundgren, J & Rönnqvist, M. 2001. Optimering kan sänka produktionskostnaderna för skogsbränsle. RESULTAT från Skogforsk, no. 20.

Hoflund, P & Snögren, J. 2011. Investeringskalkyl för en ny såglinje - En rapport om investeringskalkylering. Arbetsrapport - Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning, no. 328. Umeå.

ILOG AMPL CPLEX System Version 8.0 User's Guide. Standard (Command-line) Version. Including CPLEX Directives. September 2002

Ljung, B. & Högberg, O. 2007. Investeringsbedömning, en introduktion. Liber ekonomi, Malmö.

Olsson, U. 1998. Kalkylering för produkter och investeringar. Studentlitteratur, Lund.

Lukka, A.1994. Materials Acquisition Planning Models. vol. 72. av Tutkimusraportti / Lappeenranta teknillinen korkeakoulu, tuotantotalouden osasto. Utg. Lappeenranta teknillinen korkeakoulu.

Lumsden, K. (2006). Logistikens grunder. Studentlitteratur

Lundgren, J., Rönnqvist, M. & Värbrand, P. 2004. Optimeringslära. Studentlitteratur, Lund. Andra upplagan.

Pewe, U. 1993. Lönsam logistik – Lönsam fysisk distribution och dess förutsättningar. Förlags AB Industrilitteratur.

Rönnqvist, M. 2003. Optimization in forestry. Springer Link, Mathematical Programming. Vol. 97, no. 1-2, pp 267-284.

Weintraub, A., Epstein, R., Morales, R., Seron, J. and Traverso. 1996. A truck scheduling system improves efficiency in the forest industries. *Silva Fennica*, vol. 26, no. 4, pp. 1–12.

Örtendahl, A. 2001. Analys av massavedsflöden med transportoptimeringsmodellen NETRA. Arbetsrapport – Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för Skogsteknologi, no. 50. Umeå.

### ***Elektroniska referenser***

Woxenius, Johan. 1998. Development of Small-Scale Intermodal Freight Transportation in a Systems Context. Doktorsavhandling, Chalmers tekniska högskola [Online] Tillgängligt: <http://swepub.kb.se/bib/swepub:oai:services.scigloo.org:973> [den 10 maj 2013 kl: 20:00]

Nordnet [Online] Tillgängligt: <https://www.nordnet.se/mux/web/marknaden/aktiehemsidan/bolagsfakta.html?identifier=323&marketplace=11> [den 9 december 2012 kl: 18:19]

OpenSolver [Online] Tillgängligt: [www.opensolver.org](http://www.opensolver.org) [den 11 maj 2013 kl: 21:30]

SCA [Online] Tillgängligt: [www.sca.com](http://www.sca.com) [den 14 april 2013 kl: 12:16]

Skogen. SCA stänger två sågverk. [Online] Tillgängligt: <http://skogen.se/nyheter/sca-stanger-tva-sagverk> [den 10 januari 2013 kl: 08:15]

SLU kurshemsida,SH0125. [Online] Tillgänglig: [http://slunik.slu.se/student\\_index.cfm?id=9604&SelectedKursTyp\\_id=1](http://slunik.slu.se/student_index.cfm?id=9604&SelectedKursTyp_id=1) [den 27 november 2013 kl: 08:15]

Sundström, Lennart. Samhällsplanering och kulturmiljö infrastruktur och it-utredningar, rapporter/Godsterminaler [Online] Tillgängligt: <http://www.lansstyrelsen.se/jamtland/SiteCollectionDocuments/sv/samhallsplanering-och-kulturmiljo/infrastruktur-och-it/utredningar-och-rapporter/Godsterminaler.pdf> [den 14 januari 2013 kl: 08:15]

### ***Personlig kommunikation***

Eriksson Ljusk, O. 2013. Professor, Institutionen för skogshushållning. SLU, Umeå.

Eliasson, L. 2013. Docent, Skogforsk. Uppsala.

Fjeld, D. 2013. Universitetslektor, Institutionen för skogshushållning. SLU, Umeå.

Frisk, M. 2013. Forskare, Skogforsk, Sävar.

Hedlund, T. 2012-2013. Logistikchef, SCA Skog, Piteå.

Häglund, H. 2012-2013. Ekonomichef, SCA Skog, Sundsvall

Rönnqvist, M 2014. Professor, Université Laval, Kanada

Sakari, H. 2012-2013. Kundförsörjningschef SCA Skog, Sundsvall.

Wikman, N. 2012-2013 Wikmans åkeri AB, Nordmaling.



## Bilagor

### Gille-Kalkylen

KOSTNADSLÄGE 2013-01-01							
TRANSPORTUPPDRAG:		RUNDVIRKE KRANBIL					2010
Kranen ställes av							
FORDONSDATA:		Totalvikt	Tjänstevikt	Lastvikt	Antal		
		ton	ton	ton	enheter		
Fabrikat Bil:	Scania eller Volvo	26	11,2	14,8			
Fabrikat vagn:	Parator	36	6,6	29,4			
Fabrikat kran:	Jonsered 990 LC		2,5				
Fordonskombinationen	max last	62	17,8	44,2	43,7		
Högsta tillåtna bruttov.		60	17,8	42,2	41,7		
Genomsnittliga bruttovikt		60	17,8	42,2	41,7		
Tarav.ökn.p.g.a.smuts,snö m.m.		500 kilo					
Lastenhetens volymvikt		1000 kilo	ENHET:	TON			
Påbyggnad Bil	Stålrede med AL-bankar kraftuttag						
Påbyggnad vagn	AL-bankar		Skjutbord				
BERÄKNING AV DÄCKSKOSTNADEN							
TRANSPORTUPPDRAG:		RUNDVIRKESTRANSPORTER MED KRANBIL					
FORDONSKOMBINATION:		3-AXLIG BIL + 4-AXLIG VAGN					
LASTBIL:							
AXEL	DÄCK	PRISER KRONOR PER DÄCK				STOMMEN	SU
	ANTAL	DIMENS.	NYTT	REGUM.1	REGUM.2	RESTV.	KR
FRAM	2	315/80	5300	0	0	500	
DRIV	4	12x22,5	5120	2340	0	0	
LÖP	4	12x22,5	5120	2340	0	0	

LIVSLÄNGDER MIL PER DÄCK OCH AXEL							
AXEL	NYTT			SUMMA	KRONOR/ MIL	KRONOR/ MIL	
	DÄCK	REGUM.1	REGUM.2	MIL/AXEL	DÄCK	MIL AXEL	
FRAM	18150	0	0	18150	0,26	0,53	
DRIV	12100	11000	0	23100	0,32	1,29	
LÖP	22000	19800	0	41800	0,18	0,71	
LASTBIL KR/MIL:						2,53	
SLÄPVAGN:							
AXEL	DÄCK	PRISER KRONOR PER DÄCK				STOMMEN	SU
	ANTAL	DIMENS.	NYTT	REGUM.1	REGUM.2	RESTV.	KR
AXEL 1	2	385/65	5070	2470	0	0	
AXEL 2	2	385/65	5070	2470	0	0	
AXEL 3	2	385/65	5070	2470	0	0	
AXEL 4	2	385/65	5070	2470	0	0	
LIVSLÄNGDER MIL PER DÄCK OCH AXEL							
AXEL	NYTT			SUMMA	KRONOR/ MIL	KRONOR/ MIL	
	DÄCK	REGUM.1	REGUM.2	MIL/AXEL	DÄCK	MIL AXEL	
AXEL1	27500	23100	0	50600	0,15	0,3	
AXEL 2	27500	23100	0	50600	0,15	0,3	
AXEL 3	27500	23100	0	50600	0,15	0,3	
AXEL 4	27500	23100	0	50600	0,15	0,3	
SLÄPVAGN KR./MIL:						1,19	
FORDONSKOMBINATIONEN KR/MIL:						3,73	

<b>INVESTERINGSVÄRDEN:</b>						
Bilchassie kr.	1200000	6*2	500 HK.			
Bilpåbyggnad kr.	408600		Konsoller hydraulutr.			
			Robsondrive			
Färdigutrust.bil kr.	1608600					
Släpvagn komplett kr.	610000		A.B.S. bromsar samt skjutbord.			
Kran komplett kr.	700000		Kranvåg och hytt			
<b>GUMMIUTRUSTNING:</b>						
	<b>BILEN</b>	<b>Däck</b>				
		<b>Antal</b>	<b>Fabrikat</b>	<b>Dimen.</b>	<b>a'pris</b>	<b>Kronor</b>
Framaxel		2	MichXZY	315/80	5300	10600
Drivaxel		4	MichXDN	12x22,5	5120	20480
Löpaxel		4	MichXZ4	12x22,5	5120	20480
Reserv		1	MichXZ4	12x22,5	5120	5120
Summa däck bil		11				56680
	<b>SLÄPVAGN</b>	<b>Däck</b>				
		<b>Antal</b>	<b>Fabrikat</b>	<b>Dimen.</b>	<b>a'pris</b>	<b>Kronor</b>
Framaxlar		4	MichXZY	385/65	5070	20280
Bakaxlar		4	MichXZY	385/65	5070	20280
Reserv		1	MichXZY	385/65	5070	5070
Summa däck vagn		9				45630
<b>FÖRSÄKRINGAR:</b>						
	<b>Bil</b>	<b>Vagn</b>				
Tariff/zon	<b>Lokal uppgörelse</b>					
Trafikförsäkring, delkasko och vagnskada	26000	3719	Bonusfri försäkring.			
			Självrisk: 40% av ett basbelopp			
Självrisk	8480		Skaderisken 0,5 självrisk per år.			
Skatt på trafikförsäkringen	4160					
Gods	600		Basbelopp 2010 42400:-			
Ansvar	350					
Summa Kronor	39590	3719				
<b>FORDONSSKATTER:</b>						

	Bil	Vagn			
Skattevikt kilo	28000	36000			
Fast skatt	12679	14305			
Vägavgift	12158				
Summa fast skatt	24837	14305			
DIVERSE KOSTNADER:					
			Totalt		
Uppställningsplats med motorvärmare			6470		
Komm.radio,Bil tel.			16000		
Extra utrustning			3900		
YKB			3570		
Reskostnader	200 mil a kr.	59	11800	Skiftbyten och	
				rekognocering	
Summa kronor			41740		
ADMINISTRATIONSKOSTNADER:					
Kontor			8660		
Transportledning			63400		
Reklam			0		
Övr.adm.kostnader			23200		
Summa adm.kostnader			95260		
LÖNEKOSTNADER:					
	%	Veckor	Timmar	a'pris	Kronor
Grundlön		98,28		5300	520884
Övertid			300	198,75	59625
Premiekomp			3996	6,5	25974
Ob-tillägg			1758	26,27	46183
" "					
Tilläggstid 2-skift +nattarbete 20 tim			196	132,5	25970
Summa lön arbet.tid					678636
Helgdagslön	%				
Semesterlön	13,00%				88223
Permitteringslön	0,25%				1697

Ledighet för pers.angel.	0,25%			1697
Sjuklön	1,59%			10790
Summa lön ej arb.tid				102406
BRUTTOLÖN				781042
Summa sociala avg.	39,27%	Avdrag:	0,00%	306715
Sjuklöneförsäkring	0,00%	14dagar		0
Måltidsersättning	32,2	per dag	462 dagar	14876
Soc kostn. målt. ers.	32,42%	Avdrag	0,00%	4823
Reseersättning				
Företagshälsovård	0,70%	av lönesumman		4750
SUMMA LÖNEKOSTNADER ENLIGT AVTAL:				1112207
KAPITALKOSTNADER:		Förränta	Avskriva	
Fordon	Bil			
Investeringsvärde exkl.däck		1551920	1551920	
Däckens investeringsvärde		56680	=====	
Restvärde	6,00%	93115	93115	
Summa investering Bil		1701715	1458805	
Fordon	Vagn			
Investeringsvärde exkl.däck		564370	564370	
Däckens investeringsvärde		45630	=====	
Restvärde	4,00%	22575	22575	
Summa investering vagn		632575	541795	
Fordon	Kran			
Investeringsvärde		700000	700000	
Restvärde	5,00%	35000	35000	
Summa investering kran		735000	665000	
TIDSKOSTNADER:				

Försäkringar				43309		
Fordonsskatt				39142		
Diverse kostnader				41740		
Administration				95260		
Lönekostnader				1112207		
Ränta inv.kapital	3069290	3,80%		58317		
Ränta rör.kapital	123000	4,45%		5474		
SUMMA TIDSKOSTNADER				1395448		
Tidskostn.kr/tim				349,21		
Tidskostn.öre/min.				582,02		
PRODUKTIONSDATA:						
Totalt trp.avst.km.	20	50	100	150	200	250
Väglass 1 km.	5	24	54	85	111	135
Väglass 2 km.	4	10	22	33	49	66
Väglass 3 km.	4	7	14	21	28	36
Väglass 4 km.	3	4	5	6	7	8
Väglass 5 km.	4	5	5	5	5	5
Medelbruttovikt	39,15	39,15	39,15	39,15	39,15	39,15
Relationstal trpmiljö				Hastigheter km/tim.		
Väglass 1	89,94			77,82		
Väglass 2	102,86			74,74		
Väglass 3	115,78			61,65		
Väglass 4	128,7			48,47		
Väglass 5	141,23			29,72		
Transportavstånd km.	20	50	100	150	200	250
Relativt kostn.läge	113,76	104,37	100,9	99,66	99,36	99,34
Drivmedelsförbrukning						
Förbr.Rel.tal 100	4,7					
Fast förbr/vända	10	10	10	10	10	10
Rörl.förbr./mil	5,35	4,91	4,74	4,68	4,67	4,67
Total drivm.förbr.	7,85	5,91	5,24	5,02	4,92	4,87

Avlönade tim/år	3996	3996	3996	3996	3996	3996
Utnyttjade tim/år %	93,70%	94,25%	95,16%	96,07%	96,99%	97,90%
Utnyttjande tim/år	3744	3766	3803	3839	3876	3912
Utnyttjande min/år	224655	225969	228158	230347	232536	234725
LIVSLÄNGDER:	Bil					
Förslitn.lastn.lossn.	2,2 Mil per vända					
Livslängd rel tal 100	140000 Mil					
Livslängd bil mil	79394	109946	124996	130878	133552	134991
Livslängd bil år	10,47	8,26	6,89	6,32	5,99	5,75
	SLÄPVAGN					
Förslitn.lastn.lossn.	2 Mil per vända					
Livslängd rel tal 100	200000 Mil					
Livslängd vagn mil	117201	159684	180189	188137	191696	193586
Livslängd vagn år	15,45	12	9,93	9,09	8,59	8,25
	KRAN					
Livslängd kran lass	16200	11900	8200	6400	5200	4300
Livslängd kran år	8,54	8,94	9,04	9,28	9,32	9,16
Transportavstånd km.	20	50	100	150	200	250
Tidskostnad öre/min	621,15	617,54	611,62	605,8	600,1	594,5
Drivmedelspris kr/l	11,83					
Vändaberoende kostnader kr/vända						
Reparation bil kr.	15,7					
Reparation vagn kr	10,4					
Reparation kran kr.	29	Inklusive oljor				
Gummiförslitning	11,5					
Löpande kostnader Kr/mil vid relationstalet=100						
Reparationer bil	10,3					
Reparationer vagn	3,1					
Gummiförslitning	3,73					
Marginal kronor/år	82882	5,00%	Av arbetande kapital			
Marginal %			+ rörelsekapitalet			
Arbetande kapital	1657645					

<b>STRÄCKKOSTNAD KR/MIL:</b>						
Transportavstånd km.	20	50	100	150	200	250
Avskrivning bil	18,37	13,27	11,67	11,15	10,92	10,81
Avskrivning vagn	4,62	3,39	3,01	2,88	2,83	2,8
Gummiförslitning	7,11	5,04	4,34	4,1	3,99	3,93
Drivmedelskostnad	92,83	69,86	62,02	59,36	58,2	57,6
Rep.service bil	15,64	12,32	11,18	10,79	10,63	10,55
Rep.service vagn	6,13	4,28	3,65	3,44	3,34	3,29
<b>SUMMA STRÄCKKOSTN.</b>	<b>144,71</b>	<b>108,16</b>	<b>95,86</b>	<b>91,7</b>	<b>89,91</b>	<b>88,97</b>
<b>TRANSPORTPRISBERÄKNING:</b>						
Transportavstånd km.	20	50	100	150	200	250
Fast tidsåtgång min.	4	4	4	5	6	7
Körhastighet km/tim	48,5	59,5	65,8	67,9	69	69,6
Körtid min/vända	49	101	182	265	348	431
<b>TERMINALTIDER</b>						
Vändning + kran på	10	10	10	10	10	10
Egentlig lastning	23	23	23	23	23	23
Bindning m.m.	6	6	6	6	6	6
Avställning kran	8	8	8	8	8	8
Mätning lossning	17	17	17	17	17	17
Spilltid min/vända	5	5	5	5	5	5
Summatid min/vända	118	170	251	334	417	500
Tidskostn.kr/vända	736,02	1048,43	1537,61	2023,16	2501,47	2973,65
Sträckk.kr/vända	578,84	1081,59	1917,15	2751,13	3596,47	4448,54
Lastn.kostn.kr/vända	70,05	84,88	110,1	132,91	156,88	183,65
Lossn.kostn.kr/vända						
<b>SUMMA KR/VÄNDA</b>	<b>1384,91</b>	<b>2214,9</b>	<b>3564,86</b>	<b>4907,19</b>	<b>6254,83</b>	<b>7605,84</b>
Marginal kr/vända	43,72	62,27	91,33	120,16	148,57	176,62
<b>SUMMA kr/vända</b>	<b>1428,63</b>	<b>2277,17</b>	<b>3656,18</b>	<b>5027,36</b>	<b>6403,4</b>	<b>7782,46</b>



Transportavstånd km.	20	50	100	150	200	250
Antal enheter/vända	41,7	41,7	41,7	41,7	41,7	41,7
Kostnad kr/enhet	33,21	53,12	85,49	117,68	150	182,39
Pris kr/enhet	34,26	54,61	87,68	120,56	153,56	186,63
Utjämnad priskurva	34,82	54,61	87,59	120,58	153,56	186,54
P R I S F O R M E L:	FAST PER/KM.	21,6251 0,65967				
Föregående prisformel Skogsåakarna	FAST PER/KM.	19,7471 0,56201				
Föregående pris	30,99	47,85	75,95	104,05	132,15	160,25
Skillnad kronor	3,83	6,76	11,64	16,53	21,41	26,29
Skillnad procent	12,36%	14,13%	15,33%	15,88%	16,20%	16,41%
ÅRSPRESTATIONER, TIMKOSTNADER OCH MILKOSTNADER						
Prestation vändor/år	1896	1331	908	690	558	469
Prestation enheter/år	79061	55502	37845	28762	23262	19569
Körda mil/år	7584	13310	18151	20692	22314	23464
Inklusive Lastning						
Kostnad kr/mil	346,23	221,49	178,24	163,57	156,37	152,12
Pris kr/mil	357,16	227,72	182,81	167,58	160,09	155,65
Exklusive Lastning						
Kostnad Kr/mil	328,72	213	172,74	159,14	152,45	148,44
Pris Kr/mil	339,64	219,23	177,3	163,15	156,16	151,98
Inklusive Lastning						
Kostnad Kr/tim.	701,26	782,77	850,8	881,63	900,31	912,35
Pris Kr/tim	723,4	804,77	872,59	903,22	921,7	933,54
Exklusive Lastning						
Kostnad Kr/tim	665,79	752,77	824,52	857,75	877,73	890,32
Pris Kr/tim	687,93	774,78	846,32	879,34	899,12	911,51

KOSTNADSFÖRDELNING				
Transportavstånd	50 KM.		150 KM.	
ÅRSKOSTNADER	KRONOR	%	KRONOR	%
Försäkringar	43309	1,43	43309	1,25
Fordonsskatter	39142	1,29	39142	1,13
Div Kostnader	41740	1,38	41740	1,2
Lönekostnader	1112207	36,7	1112207	32,07
Administration	95260	3,14	95260	2,75
Räntekostnader	63790	2,1	63790	1,84
Värdeminskning bil	176600	5,83	230641	6,65
Värdeminskning vagn	45159	1,49	59589	1,72
Gummiförslitning	67077	2,21	84784	2,45
Rep,smörj.m.m.Bil	163983	5,41	223237	6,44
Rep,smörj.m.m.Vagn	56907	1,88	71102	2,05
Drivmedel	929858	30,68	1228207	35,42
FORDONSKOSTNADER	2835032	93,54	3293007	94,97
Lastningskostnader	112977	3,73	91670	2,64
TRANSPORTKOSTNADER	2948009	97,27	3384678	97,61
Marginal	82882	2,73	82882	2,39
TRANSPORTINTÄKT	3030891	100	3467560	100
Transportavstånd	100 KM.		200 KM.	
ÅRSKOSTNADER	KRONOR	%	KRONOR	%
Försäkringar	43309	1,31	43309	1,21
Fordonsskatter	39142	1,18	39142	1,1
Div.Kostnader	41740	1,26	41740	1,17
Lönekostnader	1112207	33,52	1112207	31,14
Administration	95260	2,87	95260	2,67
Räntekostnader	63790	1,92	63790	1,79
Värdeminskning bil	211836	6,38	243739	6,82
Värdeminskning vagn	54576	1,64	63066	1,77
Gummiförslitning	78691	2,37	89043	2,49
Rep,smörj.m.m.Bil	202893	6,11	237129	6,64
Rep,smörj.m.m.Vagn	66215	2	74535	2,09
Drivmedel	1125695	33,93	1298777	36,36

FORDONSKOSTNADER	3135353	94,49		3401738	95,23
Lastningskostnader	99919	3,01		87518	2,45
TRANSPORTKOSTNADER	3235272	97,5		3489256	97,68
Marginal	82882	2,5		82882	2,32
TRANSPORTINTÄKT	3318154	100		3572138	100
KOSTNADSFÖRÄNDRINGAR:					
Transportavstånd:	100 KM.				
ÅRSKOSTNADER	2010 föreg.kalkyl	2010 Kran av	FÖRÄNDRING KRONOR	%	Påverkar årskost. %
Försäkringar	38640	43309	4669	12,08%	0,14%
Fordonsskatter	39142	39142	0	0,00%	0,00%
Div.kostnader	39773	41740	1967	4,95%	0,06%
Lönekostnader	1321647	1112207	-209440	-15,85%	-6,11%
Administrationskostn.	95267	95260	-7	-0,01%	0,00%
Räntekostnader	37061	63790	26729	72,12%	0,78%
S:A FASTA KOSTNADER	1571530	1395448	-176082	-11,20%	-5,13%
Värdeminskning Bil	260054	211836	-48218	-18,54%	-1,41%
Värdeminskning Vagn	59029	54576	-4453	-7,54%	-0,13%
Gummiförslitning	92916	78691	-14225	-15,31%	-0,41%
Rep,smörj,serv.Bil	240608	202893	-37715	-15,67%	-1,10%
Rep,smörj,serv.Vagn	74896	66215	-8681	-11,59%	-0,25%
Drivmedel	1008683	1125695	117012	11,60%	3,41%
S:A RÖRL.KOSTNADER	1736186	1739906	3720	0,21%	0,11%
SUMMA FORDONSKOSTN.	3307716	3135353	-172363	-5,21%	-5,02%
Lastningskostnader	122792	99919	-22873	-22,89%	-0,67%
SUMMA	3430508	3235272	-195236	-5,69%	-5,69%

TRP.KOSTNADER						
MARGINAL	78619		82882	4263	5,42%	0,13%
TRANSPORTINTÄKT	3509127		3318154	-190973	-5,44%	-5,44%
PRESTATION ENHETER	47500		37845	-9655	-20,33%	
PRIS KRONOR/ENHET	73,88		87,68	13,8	18,68%	18,68%
TRANSPORTAVST. KM.	20	50	100	150	200	250
FÖRÄNDRING KR/ENHET	3,83	6,76	11,64	16,53	21,41	26,29
FÖRÄNDRING %	12,36%	14,13%	15,33%	15,88%	16,20%	16,41%
NYTT PRIS KR/ENHET	34,82	54,61	87,59	120,58	153,56	186,54

## Terminalmaskinkalkyl

MASKINKALKYL TP 13:1		
KAPITALKOSTNAD		KR/DRIFTTIM
ANSKAFFNINGS VÄRDEN		
MASKIN	3900000 kr	
DÄCK	320000 kr	
UTRUSTNING	40000 kr	
RESTVÄRDE	900000 kr	
SUMMA INVESTERING	4260000 kr	
RÄNTA PÅ INVETSTERAT KAPITAL	4 %	
RÖRELSEKAPITAL	78000 kr	
RÄNTA PÅ RÖRELSEKAPITAL	5 %	
AVSKRIVNINGSTID	8 ÅR	
PERIOD	1 ÅRET	
SUMMA KAPITALKOSTNAD	594300 kr/år	337,6705
DRIFTKOSTNADER		
DRIFTTIMMAR PER ÅR	1760 h	
DRIVMEDELSFÖRBRUKNING	20,6 l/h	
DRIVMEDEL	11,06 kr/l	227,836
UNDERHÅLL	64600 kr/år	36,70455
REPARATION	67500 kr/år	38,35227
SLITDELAR	18400 kr/år	10,45455
LIVSLÄNGD DÄCK	10500 h	
DÄCK	53638,09524 kr/år	30,47619
OLJE,FETT, FILTER ,20 % AV		
DRIVMEDEL	79740 kr/år	45,30682
KOMMUNIKATION	6000 kr/år	3,409091
SUMMA DRIFTKOSTNADER	690869,4552 kr/år	392,5395
LÖNEKOSTNAD ENLIGT SID 2	460380,8 kr/år	261,58
ADMINISTRATIONS KOSTNADER		
FÖRSÄKRINGAR	13800 kr/år	
Garage	22000 kr/år	
ADMINISTRATION	18000 kr/år	
Besiktning	2500 kr/år	
SUMMA ADMINISTRATIONS	56300 kr/år	31,98864

KOSTNADER		
SUMMA KOSTNADER	2262231,055 kr	1285,359
VINST	4,5 %	
DEBITERADE TIMMAR/ÅR	1760 h	
SUMMA INTÄKTER/ÅR	2363680 kr	
TIMDEBITERING	1343 kr/h	
MASKINKALKYL TP 13:1		
FÖRARKOSTNAD/ANSTÄLLD		
DIREKT LÖN	159,5 kr/h	
SJUKLÖN	0 kr/h	
SEMESTERERSÄTTNING	0 kr/h	
SMÖRJERSÄTTNING	0 kr/h	
ARBETSGIVARAVGIFTER 62 %	102,08 kr/h	
BYGGHÄLSAN	0 kr/h	
GRANSKNINGSARVODE 1,5 %	0 kr/h	
RESERSÄTTNING OCH ENDAGSTRAKT	0 kr/dag	
ÖVERNATTNINGSTRAKTAMENTE	0 kr/dag	
Summa lönekostnad/h	261,58 kr/h	
Arbetade h/år och anställd	1760 h/år	
Summa lönekostnad/år och anställd	460380,8 kr/år	

### *Kostnadskalkyl för investeringar i Vilhelminas virkesterminal*

	Ivestering		
Fasta kostnader	Alternativ 1	Alternativ 2	
Investeringskostnad, kr	5000000	30000000	
Avskrivningstid, år	20	30	
Kalkylränta, %	4,76	4,76	
Restvärde, kr	250000	1500000	
Skatt, kr/år	10	10	
Övriga fasta kostnader, kr/år	651020,3333	651020,3333	
Försäkring kr/år	10	10	
Amorteringsfaktor	0,078617812	0,063282675	
Σ Kapitalkostnad, kr/år	385334,6061	1874956,229	
Σ Fasta kostnader, kr/år	1036374,939	2525996,562	
Tot. terminalkostnad	1036374,939	2525996,562	
Rörliga kostnader terminal/år	2262231,055	(från terminalmaskin kalkylen)	
Fasta kostnader terminaler	Totalt belopp	Volym	a-pris
Vinlidsberg	614397	142535	4,35
Lycksele	478374	269857	1,79
Hoting	860290	416353	2,09
Medelvärde	651020,3333	276248,3333	2,356649
Investeringsalternativ 1			
Terminalkostnad Vilhelmina	Kr/år	kr/m3	
Fasta kostnader	1036374,939	3,840459723	
Rörliga kostnader	2262231,055	8,383073462	
Totalt	3298605,995	12,22353318	
Investeringsalternativ 2			
Terminalkostnad Vilhelmina	Kr/år	kr/m3	
Fasta kostnader	2525996,562	9,360500422	
Rörliga kostnader	2262231,055	8,383073462	
Totalt	4788227,618	17,74357388	